Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

Januar/Februar
1-2/2005
€ 6,50 / sFr 12,50

FLUG IN DIE EISHÖLLE

Huygens landet auf dem Saturnmond Titan

SATURNRINGE
Cassinis fantastische Nahaufnahmen

ZEITMESSUNG
Warum der Tag keine 24 Stunden hat

VIRTUELL DURCHS ALL:
BRANDNEUE TOP-CD IM HEFT

USM

60463

4 196046 306506 02

Reinhard Breuer
Chefredakteur

Showdown am Saturn

Wenn am 25. Dezember die Cassini-Sonde ihren Schützling »Huygens« ausklinkt, beginnt der Count-down für dessen Landung auf dem Saturnmond Titan. Der Flugplan der Nasa sieht so aus, dass der kleine Roboter Mitte Januar auf den gasumhüllten Himmelskörper stürzt und bis zum (geplanten) Crash Daten an den Orbiter funkt. Unser Artikel auf S. 22 informiert Sie über die Details dieser aufregenden Mission, dem bisherigen Höhepunkt der gesamten Saturnoperation. Cassinis erste Annäherung an Titan Ende Oktober verblüffte die Experten. Das Radarbild der Mondoberfläche zeigte dunkle Areale, womöglich Seen aus Methan oder Ethan, aber auch lang gestreckte helle Linien, die sich durch die dunklen Zonen ziehen. Hoffentlich wird daraus nicht ein unkontrollierter Aufschlag – Beagle 2, der vor einem Jahr auf dem Mars zerschellte, und Genesis, die sich im September ungebremst in den Boden von Utah bohrte, lassen grüßen!

Raumfahrt der erdnahen Art wird gerade bei München vorbereitet. Im Oktober wurde in Oberpfaffenhofen das Kontrollzentrum für das europäische Weltraumlabor Columbus in Betrieb genommen. Wegen der Columbia-Katastrophe soll es erst 2006 an die Internationale Raumstation ISS angekoppelt werden. Der erste Shuttleflug seit dem Unglück ist für den Mai 2005 vorgesehen. Derzeit macht die ISS ja eher einen traurigen Eindruck – ein Gerät, das immer nutzloser erscheint und auch im Rahmen der US-Politik offenbar zunehmend an Bedeutung verliert. Ein teures Spektakel.

DLR; ISS: NASA

Die Columbus Mission Control der DLR in Oberpfaffenhofen (Montage)

Wussten Sie, dass das gerade vergangene Jahr 2004 am 30. Juni durch eine Schaltsekunde verlängert wurde? Unser Bericht über »Zeit und wie man sie misst« führt Sie in die Tricks ein, zu denen man greifen muss, wenn man genau wissen will, wann etwas passiert. Zeitmessung ist zwar das tägliche Brot für Astronomen und Satellitenbetreiber. Aber da fangen die Probleme schon an: »Astronomen messen ihre Zeit mit der Erdrotation«, wie Stephen Koszudowski schreibt, »während Navigationssatelliten Atomuhren als Taktgeber verwenden.« Das alles ist aber nicht bloß komplex, sondern auch von Bedeutung – etwa für die Flugsicherheit. An zeitgerechten Lösungen für alle wissenschaftlichen und technischen Probleme wird noch gearbeitet (S. 32).

Die gute Nachricht zum Schluss: Unser Archiv ist seit Kurzem unter www.astronomie-heute.de online! Abonnenten können sich kostenlos unsere Artikel seit der Erstausgabe als PDF-Datei herunterladen. Für Nichtabonnenten werden wie bisher einige Stücke kostenfrei als Leseproben zur Verfügung gestellt.

ANZEIGE

INHALT

Astro News 8
Sofis auf Jupiter, Erdachse kippt, Ursprung Kosmischer Strahlung u. a.

Mission Update 12
ISS sackt ab, Phobos auf Kollisionskurs, Raumfahrt-Highlights u. a.

Nebra 16
Neue Forschungsergebnisse liefern Einblicke in die Bronzezeit

▶ **Huygens-Landung** 22
Forscher gehen auf Tuchfühlung mit dem Saturnmond Titan

▶ **Cassini** 26
Nahaufnahmen von Saturns Ringen lüften dunkle Geheimnisse

▶ **Zeitmessung** 32
Der Lauf der Gestirne ist ein wenig unpräzise – laut Atomuhr

SKYLINE

Schauplatz Mond 40
Drei Typen von Kratern bevölkern den Erdtrabanten – die Hauptreihe

Highlight 42
Die schönsten Winterdoppelsterne

Deep Sky 44
Nebel und Sternhaufen im Sternbild Zwillinge

Sterntafel 46
Der Nachthimmel in der Übersicht

Feldstechertipp 47
M 48 in der Wasserschlange

Planetarium 49
Sonne, Mond und Planeten

Südhimmel 52
Orions sommerlicher Kopfstand

SZENE

Interview 56
Jesco von Puttkamer – Raumfahrtmanager bei der Nasa

Unterwegs 58
Test eines Raumschiff-Simulators in Bielefeld

Krupps Corner 61
Mitteilungen an Außerirdische

Titelbild (Montage): Huygens-Illustration: Esa / D. Ducros; Saturn-Foto: Cassini Imaging Team / SSI / JPL / Esa / Nasa

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▶ gekennzeichnet

TITEL **Landung auf Titan**

Durch Smog und Nebel

Am 14. Januar 2005 ist es so weit: Die europäische Huygens-Sonde sinkt am Fallschirm zur Titanoberfläche hinab. Dabei wird sie dichte Wolken- und Dunstschichten passieren

22

ESA

32

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Die vermessene Zeit

Von der Schwierigkeit, die Tageszeit zu bestimmen: Fragt man Astronomen und Satellitentechniker nach der Uhrzeit, unterscheiden sich ihre Antworten um 32 Sekunden

39

Kostenlose CD im Heft

Mit dieser Ausgabe erhalten Sie die Bonus-CD der brandneuen Software Redshift Planetarium gratis und das komplette Paket mit zehn Euro Preisvorteil

Ringmaster 26

Wie eine Autobahn mit tausend Spuren umkreist das Ringsystem den Saturn. Doch dazwischen klaffen schwarze Lücken – Cassini zeigt, warum

NASA / JPL

58

SPACE ISLAND

Spaceshuttleflüge für jedermann

Eine Firma in Bielefeld hat simulierte Weltraumflüge im Angebot

70

BRIAN MINNIE

Bunte Lichter

Der flüchtige Blick an den Nachthimmel zeigt uns viele Sterne. Wir sehen sie als weiße Punkte, im Fernrohr aber offenbaren sie ihre Farbenpracht

75

Fernrohre für den Wunschzettel

Welche Teleskope und Montierungen gibt es, und eignen sie sich als Weihnachtsgeschenk für den Einsteiger?

LINKS: HARDIN OPTICAL; RECHTS: EDMUND SCIENTIFIC

TIPPS&TOOLS

Glanzlichter 64
Mondfinsternis und Strichspuren vor der Linse von AH-Lesern

Einsteigerecke 70
Warum Sterne Farben haben und Sie das nur im Teleskop sehen

Neuheiten 72
Astronomische Schmankerl fürs Fest

Teleskopmarkt 75
Der ausführliche Ratgeber für Fernrohr-Erstkäufer

Bücher 84
Drei Jahrbücher im Vergleich u. a.

TV & Events 86
Fernsehsendungen, Veranstaltungen und Ausstellungen

Editorial 3

Leserbriefe/Leser fragen – Experten antworten 6

Preisrätsel/Kleinanzeigen 88

Vorschau/Impressum 90

LAMBERT SPIX

Diesen Phönix entdeckte unser Leser Lambert Spix mit seinem Fernglas in der Nähe des Sternbilds Kassiopeia

Ein Phönix im Fernglas

»Feldstechertipp«, AH 7-8/2004, S. 47

Nach der Lektüre des Artikels »Der Verlobungsring« habe ich mich mit meinem Fernglas auf die Suche nach Sternanordnungen – so genannten Asterismen – gemacht. Da gibt es doch einiges zu entdecken! Eine, wie ich finde, besonders schöne Sternansammlung habe ich in der Nähe der Kassiopeia gefunden. Auf Grund der Form eines in den Himmel aufsteigenden Vogels habe ich diese für mich »Phönix« genannt.

Lambert Spix, Bornheim

Antwort der Redaktion:
Der vollständige Beitrag von Herrn Spix gefiel der Redaktion so gut, dass wir ihn in einer der kommenden Ausgaben von ASTRONOMIE HEUTE abdrucken werden.

Fernglasmontierung

»Neuheiten«, AH 4/2003, S. 87

Bekanntlich bereitet den Nutzern geradsichtiger Ferngläser die Beobachtung zenitnaher Himmelskörper gewisse körperliche Schwierigkeiten, denen durch die Verwendung technischer Hilfsmittel mehr oder weniger gut begegnet wird. Neben dem in dem Heft vorgestellten »Sky Mirror« verweise ich Sie auf »Sky Window« (www.tricomachine.com/skywindow/sandt.html). Das Gerät ist im Fachhandel erhältlich.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich nicht versäumen, Ihnen für den Beitrag zur Teleskop-Selbstbau-Technik (AH 1-2/2004, S. 72) herzlich zu danken.

Horst Domogalski, Potsdam

Konsequent falsch

»Neues Auge für den kalten Kosmos«, AH 9/2004, S. 30

Im Bericht über das neue Weltraumteleskop Spitzer wird der Hauptstern im Südlichen Fisch als Beobachtungsbeispiel erwähnt. Meines Wissens heißt dieser Stern »Fomalhaut«, im Text steht jedoch »Formalhaut«. Ich erwähne das nur aus dem Grund, weil das Wort mehrmals vorkommt und jedes Mal so geschrieben ist.

Martin Kainz, Karlstetten

Antwort der Redaktion:
Sie haben Recht – der Stern heißt Fomalhaut. Im Artikel steht tatsächlich des Öfteren »Formalhaut«, was eindeutig ein Schreibfehler ist. Allerdings steht auf Seite 32 oben in der Bildunterschrift der richtige Name.
Vermutlich ist unserem Korrektorat – verursacht durch einen Schreibfehler des zuständigen Redakteurs – ein Missverständnis unterlaufen, wodurch der Sternname im Fließtext in »Formalhaut« umgeändert wurde, während er in der Bildunterschrift richtig stehen blieb.

Wellenlängenangabe

»Wärmespuren aus dem All«, AH 9/2004, S. 52

In dem hochinteressanten Artikel über das Bonner Radioastronomenteam steht die Angabe »ein zweitausendstel Millimeter«. Ist das wirklich so gemeint oder könnte es auch »zwei tausendstel Millimeter« heißen? Ersteres bedeutet ja soviel wie 0,0005 Millimeter, während die andere Version 0,002 Millimeter meint.

Martin Kainz, Karlstetten

Antwort der Redaktion:
Es ist wirklich »zweitausendstel Millimeter« gemeint, mit anderen Worten: Der zweitausendste Teil eines Millimeters. Das sind 0,0005 Millimeter oder 0,5 Mikrometer oder 500 Nanometer.
Mit diesem Wert wollten wir verdeutlichen, in welcher Größenordnung sich der Wellenlängenbereich von sichtbarem Licht befindet (sichtbares Licht besitzt Wellenlängen zwischen etwa 400 und 750 Nanometern).

Da wir uns als populäres und allgemeinverständliches Magazin verstehen, versuchen wir Vorsätze wie Nano, Pico, Atto usw. nach Möglichkeit zu vermeiden.

Auszeichnung

»Von Bären, Ufos und Planeten«, Rezension in AH 5/2004, S. 77

Das neueste Werk unseres regelmäßigen Sternstunden-Autors Rudolf Kippenhahn (»Das Geheimnis des Großen Bären«) wurde vor kurzem in der Kategorie »Perspektive – das sachkundigste Buch für junge Leser« zum Wissenschaftsbuch des Jahres 2004 gekürt.
Wir gratulieren!
Die AH-Redaktion

Wie verhält sich die lokale Materiedichte in einem sich ausdehnenden Universum?
Klaus Helmken, per E-Mail

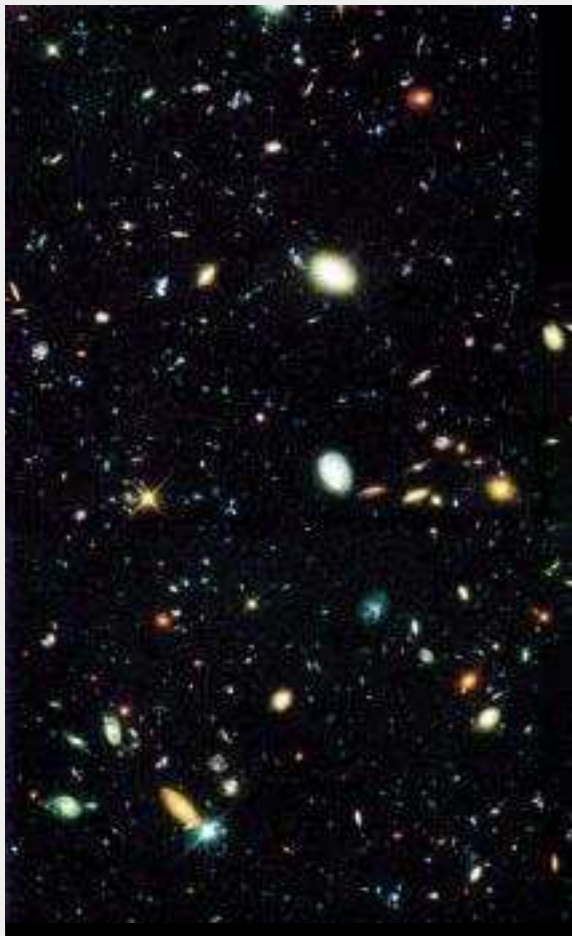
Unsere Materie besteht aus Teilchen, zum Beispiel Elementarteilchen wie Protonen, Elektronen und Neutronen. Deren Anzahl, Größe und Ruhemasse ändern sich bei der Ausdehnung des Raums nicht. Andererseits vergrößert sich bei der Expansion das Volumen, das von einer bestimmten Menge freier Teilchen eingenommen wird. Da die Dichte als Verhältnis zwischen Masse und Volumen definiert ist, nimmt sie im expandierenden Universum ab. Dies lässt sich auch direkt astronomisch beobachten: Die Dichten, die wir im fernen und damit jungen Universum sehen, sind mit den heute beobachteten Dichten nur dann vereinbar, wenn wir annehmen, dass die Masse erhalten bleibt, aber die Dichte entsprechend der beobachteten kosmischen Ausdehnung abnimmt.

Körper, deren Dimensionen durch lokale physikalische Effekte bestimmt werden – etwa Meterstäbe, deren Länge durch Festkörperkräfte vorgegeben ist oder Galaxien, deren Größe sich aus dem Gleichgewicht von Gravitations- und Zentrifugalkräften ergibt – ändern ihre Größe nicht.

Bei der kosmischen Ausdehnung ändert sich lediglich ihr Abstand voneinander. Daraus lässt sich die Expansion ableiten, ohne dass man dazu den Kosmos aus dem Hyperraum beobachten muss. Allerdings kann man aus der Rotverschiebung allein nicht auf die kosmische Ausdehnung schließen. Es gibt aber viele andere Effekte, die uns dazu zwingen, die beobachtete Rotverschiebung mit der kosmischen Expansion zu erklären. Dazu gehören die direkte Beobachtung der Abnahme der kosmischen Materie- und Strahlungsdichte und insbesondere die Änderung der Winkelausdehnung, unter der wir Objekte bekannter Größe mit zunehmender Entfernung sehen.

In einer statischen Welt müsste die Winkelausdehnung von Galaxien mit zunehmender Entfernung immer weiter abnehmen. Dass die Galaxien tatsächlich bei sehr großen Entfernungen am Himmel wieder größer erscheinen, lässt sich nur mit einem expandierenden Kosmos erklären. <<

Immo Appenzeller ist Direktor der Landessternwarte Königstuhl in Heidelberg und forscht über sehr ferne (junge) Galaxien.



NASA / STSCI

Das Hubble-Deep-Field zeigt extrem weit entfernte Galaxien auf Grund der Expansion vergrößert.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

Schärfeproblem

»Neuheiten«, AH 9/2004, S. 76

Ich habe mir ein neues Teleskop mit 76-Millimeter-Öffnung zugelegt. Mit diesem kann ich leider bei höheren Vergrößerungen (ab etwa 200fach) mein Beobachtungsobjekt nicht mehr richtig scharf stellen. Ich würde gerne wissen, woran das liegt. Brauche ich dafür noch zusätzliche Filter und wenn ja, welche? Welche maximale Vergrößerung kann man bei einem Teleskop einsetzen?
Rene Knoche, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Es können verschiedene Ursachen vorliegen. Billigere Okulare liefern oft Bildfehler. In Ihrem Fall nehmen wir jedoch an, dass die Vergrößerung einfach zu hoch ist. Abgesehen von Fehlern in der Optik und der Luftunruhe gibt es einen physikalischen Grund, der die mögliche Vergrößerung eines Teleskops begrenzt. Beim Durchgang des Lichts durch das Fernrohr wird es an den Kanten gebeugt. Wegen der runden Form der Linsen entstehen so genannte Beugungsscheibchen. Deren Durchmesser ist abhängig von der Größe der Objektivlinse.

Je größer das Objektiv, um so kleiner das Beugungsscheibchen. Theoretisch besitzt ein Teleskop mit achtzig Millimeter Durchmesser eine optimale Vergrößerung von etwa 80fach.

Bei höherer Vergrößerung tauchen nicht mehr Einzelheiten auf, sondern es werden nur noch die Beugungsscheibchen vergrößert. Bei ausgedehnten Objekten wie Planeten erzeugt jeder Bildpunkt Scheibchen, die sich überlagern. Ist die Vergrößerung zu hoch, erscheint das Bild deshalb unscharf.

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

SONNENSYSTEM I

Dreifache Sonnenfinsternis auf Jupiter

Nur ein- bis zweimal im Jahrzehnt sind auf dem Jupiter gleich drei Sonnenfinsternisse zu beobachten. Am 28. März war es wieder so weit, und das Hubble Space Telescope war dabei, als Io, Ganymed und Kallisto gleichzeitig ihre Schatten auf den Gasriesen warfen.

Io verdunkelte aus rund 420 000 Kilometer Entfernung eine Region links oberhalb des Äquators, während die Schatten des eine Million Kilometer entfernten Ganymed am linken Rand und des 1,8 Millionen Kilometer entfernten Kallisto am rechten Rand zu sehen sind.

Zudem sind auf dem Bild auch zwei der drei Monde zu erkennen: Der 3600 Kilometer große Io erscheint als weißer Fleck etwas oberhalb der Bildmitte, Ganymed (Durchmesser: 5262 Kilometer) hingegen als blauer Punkt oben rechts davon. Kallisto (Durchmesser: 4800 Kilometer) blieb jenseits des rechten Bildrands unsichtbar.

Die Wissenschaftler haben Bilder aus dem Infrarotbereich kombiniert und mit Falschfarben neu berechnet. Ganymed erscheint blau, weil sein dicker Panzer aus Wassereis längerwelliges Licht absorbiert. Ios schwefelreiche Oberfläche reflektiert indes so viel Licht, dass der Mond ganz in Weiß erstrahlt.

Nur selten werfen drei Jupitermonde gleichzeitig ihre Schatten auf den Planeten. Der blaue Punkt rechts ist der Mond Ganymed.

NASA / ESA / ERICH KARKOSCHKA, U. ARIZONA

KLIMA

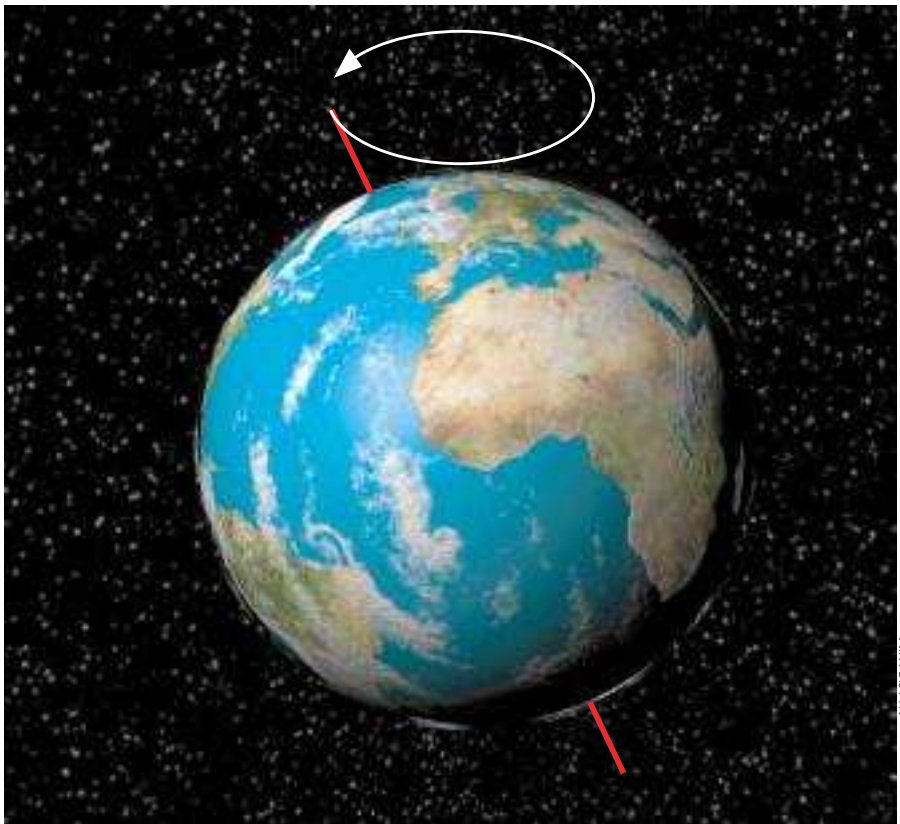
Erdachse kippt – und vielleicht auch das Klima

Die Erdachse wird in Zukunft ziemlich rasch ihre Neigung verändern. Zu diesem Schluss kommt ein Team um Heiko Pälike von der Stockholm University. Die Wissenschaftler hatten Bohrproben vom Meeresgrund des Atlantik geborgen und die Wechsellagerung von hellen und dunklen Schichten untersucht.

Die Forscher fanden in dem Zeitraum vor 18 bis 30 Millionen Jahren Hunderte solcher Zyklen. Sie spiegeln den unterschiedlichen Kalkgehalt durch abgestorbene Mikroorganismen wider – und damit den Wechsel von Kalt- und Warmzeiten.

Die Dauer und Intensität der Phasen unterlagen immer wieder dem gleichen zeitlichen Muster, das Folge periodischer Schwankungen der Erdbahn und der Stellung der irdischen Rotationsachse ist.

Bei der Modellierung dieser Parameter zeigte sich aber, dass die Achse der wie ein Kreisel torkelnden Erde in geologisch nächster Zukunft auf Grund einer Resonanzerscheinung einen kritischen Punkt erreicht und innerhalb der kommenden zehn Millionen Jahre um 0,4 Grad kippen wird. Nach Ansicht der Forscher können globale Veränderungen des Klimas die Folge sein.



Die Erde taumelt wie ein schlapper Kreisel. Ab und zu kommt es zu Resonanzen und die Achse macht einen Sprung.

AH / SIGANIM

SUPERNOVAE I

Quelle Kosmischer Strahlung

Supernovae-Wolken, also Überreste explodierter Sterne, sind Quellen Kosmischer Strahlung. Dies bestätigen erste Beobachtungen eines Supernova-Rests im Sternbild Skorpion mit dem neuen High Energy Stereoscopic System (Hess) in Namibia.

Da die Teilchen der Kosmischen Strahlung elektrisch geladen sind und deshalb durch die Magnetfelder im Universum abgelenkt werden, ist ihr Ursprung von der Erde aus eigentlich nicht bestimmbar. Aus diesem Grund erforschten die Wissenschaftler unter der Leitung von Heinrich Völk und Werner Hofmann vom Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg die elektrisch neutralen Gammateilchen, die zusammen mit den geladenen Teilchen der Kosmischen Strahlung entstehen. Sie zeigen wie ein Lichtsignal eindeutig auf die Quelle.

Die Kosmische Strahlung war bereits 1912 von Viktor Hess (1883–1964) entdeckt worden. Schon seit einiger Zeit gehen viele Forscher davon aus, dass sie ihren Ursprung in Supernovae hat.

MILCHSTRASSE

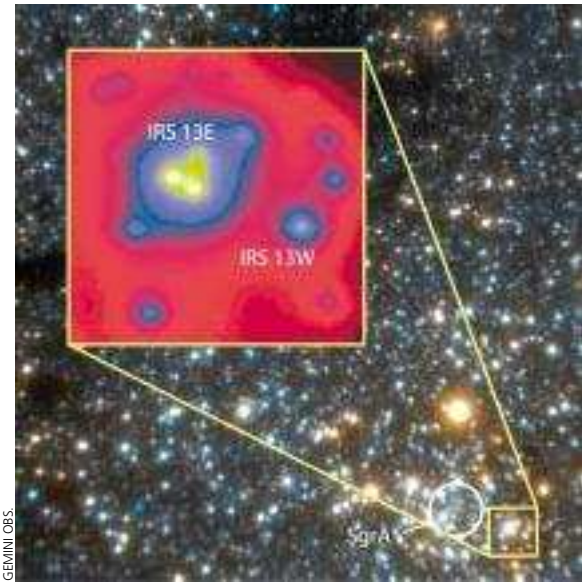
Zweites Schwarzes Loch im Zentrum unserer Galaxis

Astronomen haben in der Nähe des Milchstraßenzentrums ein weiteres Schwarzes Loch entdeckt. Das Team um Jean-Pierre Maillard vom Institut d'Astrophysique de Paris hatte mit Teleskopen des Gemini Observatory auf Hawaii das Objekt IRS 13 beobachtet und in seinem östlichen Teil sieben massereiche Sterne entdeckt.

Sie drängen sich in einer Region von nur 0,6 Lichtjahren Durchmesser und wandern mit einer Geschwindigkeit von 280 Kilometern pro Sekunde nach Westen. Die kompakte Form und die gleiche Bewegungsrichtung lassen für die Wissenschaftler nur einen Schluss zu: Der Haufen wird von einem Schwarzen Loch zusammengehalten.

Aus den Geschwindigkeiten der einzelnen Sterne leiteten die Forscher eine Masse von 1300 Sonnenmassen ab. Das Schwarze Loch würde somit zu einer bislang noch nicht bekannten »Mittelgewichtsklasse« gehören. Es ist deutlich massereicher als die stellaren Schwarzen Löcher – die Überreste explodierter Sterne. Die supermassiven Schwarzen Löcher im Zentrum von Galaxien beinhalten dagegen mehrere Milliarden Sonnenmassen.

Es muss ein Schwarzes Loch sein, das die Sterne in IRS 13 zusammenhält.



GEMINI OBS.

TECHNIK

Das schnellste Flugzeug der Welt

Die Nasa hat mit einem unbemannten Flugzeug einen neuen Geschwindigkeitsweltrekord aufgestellt. Der so genannte Scramjet vom Typ X-43A erreichte eine Geschwindigkeit von 9,6 Mach – das entspricht 10630 Kilometer pro Stunde. Nach dem Rekordflug stürzte X-43A wie geplant ins Meer.

Das 3,6 Meter lange und 177 Millionen Euro teure Hyperschallflugzeug war von einem umgebauten B-52-Bomber über dem Pazifik vor Los Angeles in 12000 Meter Höhe transportiert worden. Nach dem Ausklinken brachte eine Feststoffrakete den Jet zunächst in gut dreißig Kilometer Höhe. Hier wurde dann für etwa zwanzig Sekunden das Scramjet-Triebwerk gezündet. Während des Flugs erhitzte sich die Maschine auf beinahe 1700 Grad Celsius.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Turbinen hat der Scramjet keine beweglichen Teile. Als Treibstoff wird mitgeführter Wasserstoff verwendet, der in einer Düse mit dem komprimierten Sauerstoff aus der Luft zündet und für den Schub sorgt.

Derartige Triebwerke könnten in Zukunft Reisen mit Hyperschallgeschwindigkeiten möglich machen. Bei Mach 9,6 dauert ein Flug von Frankfurt nach New York kaum länger als die Busfahrt aus der Stadt zum Flughafen.

Nach dem Ausklinken von einer herkömmlichen Rakete stieg X-43A (Pfeil) auf dreißig Kilometer Höhe.

BEIDE BILDER: NASA

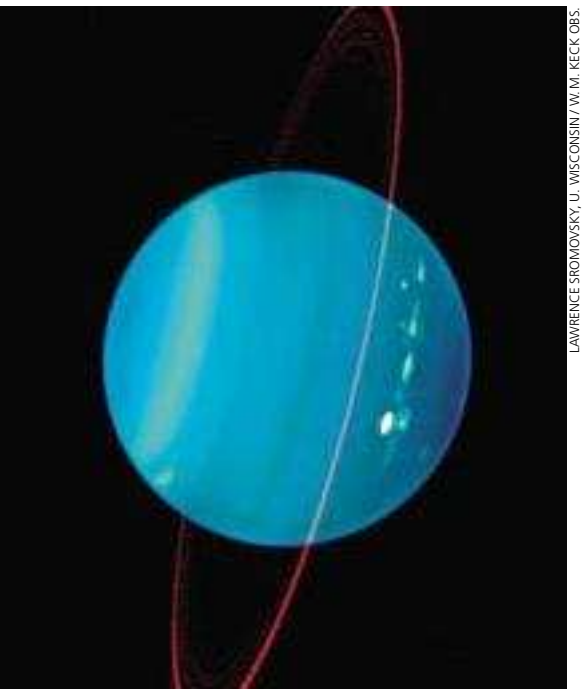
SONNENSYSTEM II

Eindrucksvolle Bilder von Uranus

Nie zuvor sind mit einem erdgebundenen Teleskop so scharfe Aufnahmen des Uranus gelungen. Die Bilder des Keck-II-Teleskops auf Hawaii zeigen den Gasriesen kurz vor der herbstlichen Tag-und-Nacht-Gleiche im Jahr 2007, wenn die Pole an jedem Tag rund 17 Stunden lang von der Sonne beschienen werden. Das Uranusjahr dauert 84 Erdjahre.

Dank der adaptiven Optik des Teleskops, mit deren Hilfe die irdische Luftunruhe ausgeglichen werden kann, beobachteten die Forscher um Imke de Peter von der University of California ein überaus dynamisches »Wettergeschehen«. So sind auf den Bildern vom 11. Juli 2004 mehrere Stürme zu erkennen, die ungefähr so groß sind wie Europa und mit Geschwindigkeiten von 400 Kilometern pro Stunde durch die Atmosphäre fegen. Die in Falschfarben umgesetzten Infrarotdaten zeigen die höchsten Wolken in weißen, die mittleren in grünen und die tiefsten in dunkelblauen Tönen.

Zum ersten Mal seit der Voyager-2-Mission im Jahr 1986 konnte zudem der innere Ring des Uranus aufgenommen werden.



LAWRENCE SROMOVSKY, U. WISCONSIN / W. M. KECK OBS.

Der Uranus am 11. Juli 2004: In seiner Atmosphäre toben Stürme so groß wie Europa (weiß).

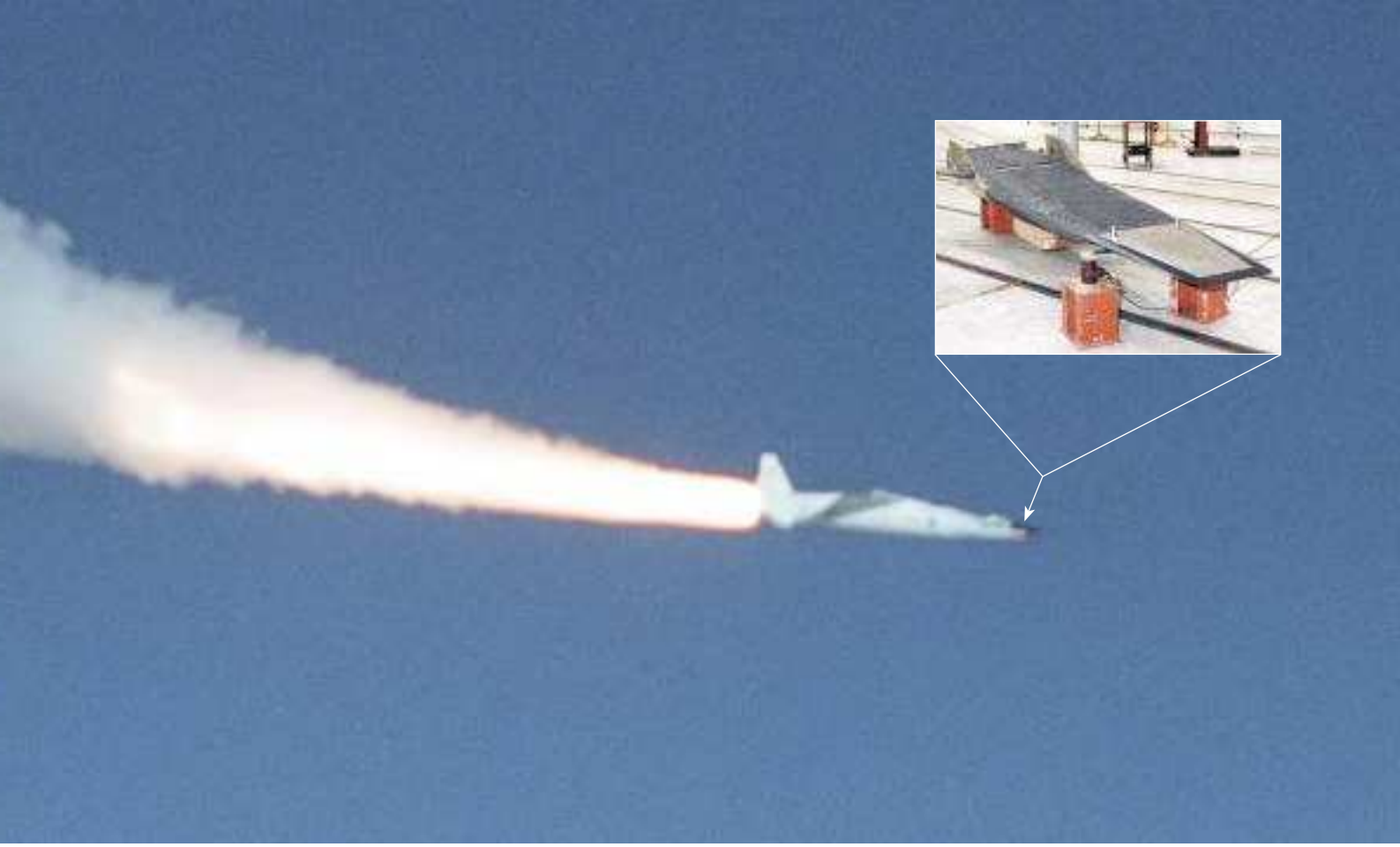
SUPERNOVAE II

Zeugnis im Meer

Am Grund des Pazifiks vor Hawaii sind Forscher auf die Zeugnisse einer Supernova gestoßen. Das Team um Klaus Knie von der TU München hat in den feinen Lagen das instabile Eisenisotop ^{60}Fe nachgewiesen, für das es nur eine Quelle geben kann: die Explosion eines massereichen Sterns.

Die Konzentration des Isotops ist so gering, dass sie nur mit einem zwanzig Meter langen Teilchenbeschleuniger messbar war. Dabei verriet sich das ^{60}Fe bei der Kollision mit Gasmolekülen durch sein charakteristisches Spektrum.

Den Berechnungen der Forscher zufolge erreichten die Teilchen vor 2,8 Millionen Jahren die Erde. Die Supernova muss heller gewesen sein als der Vollmond und hatte womöglich auch Konsequenzen für unsere Vorfahren. Denn seinerzeit wurde es in Afrika – der Wiege der Menschheit – deutlich kühler und trockener. Damals war die Gattung Homo entstanden, die sich schneller an die veränderten Lebensbedingungen anpasste und aus der später der moderne Mensch hervorging.



GESCHICHTE

Vor 35 Jahren erster deutscher Forschungssatellit

Vor 35 Jahren, am 8. November 1969, startete mit Azur der erste deutsche Forschungssatellit ins All. Die 72 Kilogramm schwere Raumsonde war vom kalifornischen Vandenburg aus mit einer amerikanischen Scout-Rakete in die Umlaufbahn gebracht worden.

Über hundert Experimente wurden damals vorgeschlagen, von denen sieben für den Flug ausgewählt werden konnten. Schließlich diente der Forschungssatellit der Untersuchung der Kosmischen Strahlung und ihrer Wechselwirkung mit der Magnetosphäre, insbesondere des inneren Van-Allen-Gürtels, der Erforschung von Polarlichtern sowie der zeitlichen Änderung der Solarpartikelströme (Sonnenwind) bei Sonneneruptionen.

Den Betrieb übernahm das eigens gegründete Deutsche Raumfahrt-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen. Die Mission war von technischen Problemen geplagt, doch obwohl der Funkkontakt schon nach gut acht Monaten abbrach – fast vier Monate vor dem geplanten Ende von Azur –, wurde die Mission als Erfolg gewertet.

Die Kosten trugen die Bundesrepublik Deutschland und die USA. Die Entwicklung des Satelliten oblag der Firma Messerschmidt-Bölkow-Blohm. Die deutschen Kosten beliefen sich auf rund achtzig Millionen D-Mark.

Zehn Jahre nach dem Start verglühte Azur in der Erdatmosphäre.

Tagesaktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie im Internet unter www.wissenschaft-online.de/astronomie

www.wissenschaft-online.de

DLR

Fast vergessen Vor 35 Jahren lieferte der erste deutsche Forschungssatellit unter anderem wichtige Erkenntnisse über den Sonnenwind.

SONNENSTÜRME

ISS abgesackt

Auf Grund ungewöhnlich heftiger Magnetstürme ist die Internationale Raumstation (ISS) um sieben Kilometer abgesunken und konnte am 17. November mit Hilfe der Triebwerke des angekoppelten russischen Frachters »Progress M-50« lediglich um 2,9 anstelle der geplanten vier Kilometer angehoben werden. Die Triebwerke des Transporters waren zu schwach. Gefahr für die Besatzung besteht aber nicht.

Normalerweise verliert die Raumstation in ihrer rund 400 Kilometer hohen Umlaufbahn wegen der Reibung in den dünnen äußeren Schichten der Erdatmosphäre rund 150 Meter Höhe am Tag. Durch die von erhöhter Sonnenaktivität ausgelösten Magnetstürme kam sie der Erde zuletzt bis zu 300 Meter am Tag näher.

Die Raumstation muss mehrmals pro Jahr angehoben werden. Nur so ist eine ideale Position zum Andocken von Raumkapseln oder Transportern gewährleistet. Mitunter muss die ISS auch Weltraumschrott oder kleineren Meteoriten ausweichen.

NASA

SWIFT / KSC

In 80 Minuten um die Welt: Swift

GAMMA-ASTRONOMIE

Swift gestartet

Eigentlich heißt »Swift« zu Deutsch flink, aber der ursprünglich für Dezember 2003 geplante Starttermin hatte sich immer wieder verzögert, zuletzt wegen der Wirbelstürme über Florida und technischer Schwierigkeiten mit der Delta-II-Trägerrakete.

Doch am 20. November 12.16 Uhr Ortszeit war es so weit und das Nasa-Mittelklassen-Observatorium mit der Katalogbezeichnung »Midex 3« hob vom Cape Canaveral Startzentrum ab. Um 13.36 Uhr koppelte der Satellit erfolgreich mit bereits entfalteten Sonnensegeln von der zweiten Raketenstufe ab, die ihn insgesamt dreimal beschleunigte.

In rund sechshundert Kilometer Höhe soll er mindestens zwei Jahre lang nach Gammastrahlenausbrüchen (Gamma-Ray Burst, GRB) Ausschau halten. Findet das »Burst Alert Telescope« (BAT) einen – das soll durchschnittlich alle zwei bis drei Tage der Fall sein – dreht sich das Observatorium flink innerhalb einer Minute mit vier Bogenminuten Genauigkeit in dessen Richtung. Dann kommen die beiden anderen Instrumente zum Einsatz: das Röntgenteleskop XRT und das ultraviolett-optische Teleskop UVOT (»Gamma-Astronomie«, AH 3/2004, S. 30). An allen Instrumenten sind auch europäische Forscher beteiligt.

In der Zwischenzeit hat Swift längst die Koordinaten des Ausbruchs an die Bodenstation gefunkt, wo sie sofort über ein E-Mail-Netzwerk an Sternwarten auf der ganzen Welt weitergeschickt werden, damit die Astronomen das »Nachglühen« nicht verpassen (»Hochenergieforschung im Schlaf«, AH 11/2004, S. 30).

Mal wieder abgesackt Die ISS hat sieben Kilometer an Höhe verloren.

ANZEIGE

RAKETEN

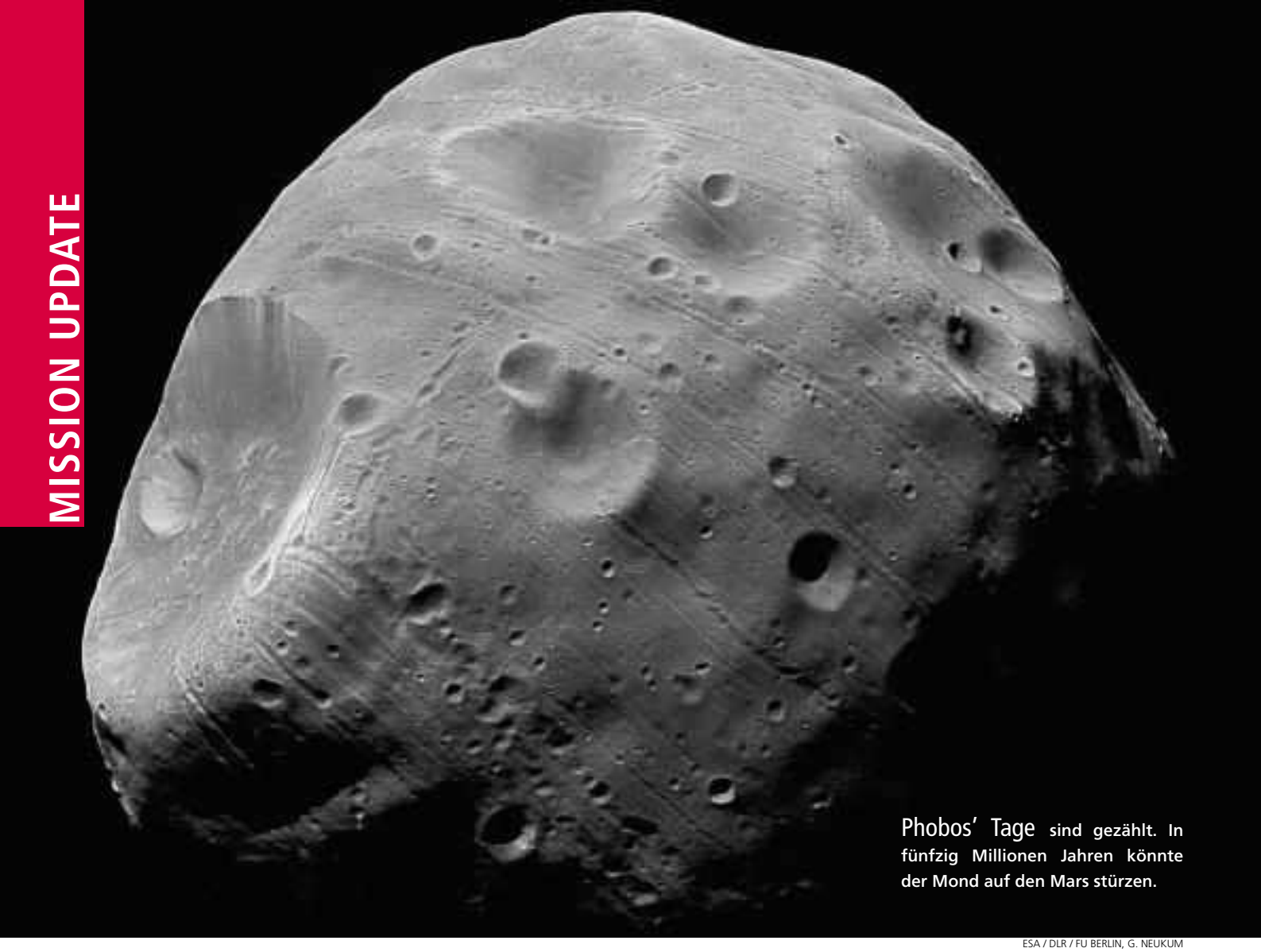
Neue Sojus erfolgreich getestet

ESA / D. DUCROS

Ab 2007 in Kourou: Sojus 2-1

Anfang November 2004 hat die neue Sojus 2-1a vom nordrussischen Kosmodrom Plesetsk erfolgreich ihren Jungfernflug absolviert. Die Rakete soll zukünftig auch vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou in Französisch-Guayana starten. Weiterhin wurde die Rakete mit einem digitalen Kontrollsystem für zusätzliche Flexibilität während des Flugs ausgestattet.

Der Nachfolgetyp Sojus 2-1b ist bereits geplant und wird mit einer stärkeren dritten Stufe ausgestattet sein. Sie erlaubt den Transport größerer Nutzlasten. Mit den neuen Sojus-Raketen würde Europa weitere Unabhängigkeit von den amerikanischen Spaceshuttles erlangen. Der erste Flug einer Sojus von Französisch-Guayana aus ist für das Jahr 2007 geplant.



Phobos' Tage sind gezählt. In fünfzig Millionen Jahren könnte der Mond auf den Mars stürzen.

ESA / DLR / FU BERLIN, G. NEUKUM

MARS

Phobos auf Kollisionskurs?

Der innere der beiden Marsmonde ist zu schnell unterwegs. Bei seinem letzten Rendevouz mit Mars Express war der etwa 27 mal 22 mal 19 Kilometer große Brocken seiner Bahn ungefähr fünf Kilometer voraus.

Nach Ansicht von Astronauten unter der Leitung von Gerhard Neukum von der FU Berlin deutet dies darauf hin, dass sich der kleine Mond auf einer spiralförmigen Bahn auf seinen Planeten zubewegt. In rund fünfzig Millionen Jahren könnte er dann auf den Mars stürzen. Vielleicht wird Phobos zuvor schon von dessen Gezeitenkräften zerrissen und bildet für kurze Zeit einen Trümmerring.

Das obige Bild der High Resolution Stereo Camera (HRSC) entstand aus einer Entfernung von nur 200 Kilometern und hat eine Auflösung von sieben Meter pro Pixel. Auffällig sind die beinahe parallel verlaufenden, bis zu 700 Meter langen und 90 Meter tiefen Strukturen. Sie zeugen entweder von dem inneren Aufbau des Monds oder entstanden infolge der Gezeitenkräfte des Mars. Manche Wissenschaftler vermuten auch, dass sie zusammen mit dem Einschlag des Asteroiden entstanden, der den großen Krater links im Bild schuf.

Viele Forscher nehmen an, dass die beiden Marsmonde Phobos und Deimos einst von Mars eingefangen wurden.

Mitarbeiter dieser Rubriken:

Thorsten Dambeck, Stephen Koszudowski, Dagny Lüdemann

WELTRAUMTOURISMUS

Neues Preisgeld

Kaum hat SpaceShipOne den X-Prize gewonnen, winkt schon das nächste Preisgeld für einen Raumflug. Der amerikanische Hotel-Milliardär Robert Bigelow will mit seinem fünfzig Millionen Dollar schweren »America's Space Prize« den belohnen, der bis zum 10. Januar 2010 mit einer Raumfähre eine Höhe von 400 Kilometern erreicht und mit fünf oder mehr Personen die Erde mindestens zweimal umrundet. Der Flug muss zudem innerhalb von sechzig Tagen wiederholt werden. Außerdem muss das Raumschiff so ausgelegt sein, dass über achtzig Prozent davon wieder verwertbar sind.

Bigelow hofft, dass die Fähre als »Space Taxi« irgendwann einmal die Gäste seines geplanten aufblasbaren Weltraumhotels befördert.

RAUMFAHRT-VORSCHAU

Die Jahreshighlights 2005

Auch im neuen Jahr starten Raumsonden aus Europa, den USA, China und Japan zu vielfältigen Missionen in unserem Planetensystem. ASTRONOMIE HEUTE stellt Ihnen die wichtigsten Ziele für 2005 im Folgenden kurz vor:

Noch am vorletzten Dezembertag 2004 will die Nasa ihre **Deep-Impact-Sonde** starten. Missionsziel: Der Komet 9P/Tempel 1 (siehe unten und Bild 4).

Ein **Besuch Cassinis am Saturnmond** Japetus steht für den Neujahrstag an (AH 6/2004, S. 8, AH 9/2004, S. 24 u. a.). Bei nur 65 000 Kilometer Distanz können die Bordkameras den äußeren Mond detailreicher ablichten als bei allen früheren Vorbeiflügen. Zu Jahresbeginn geht es dann am Ringplaneten Schlag auf Schlag: Am 14. Januar wird Huygens in die stürmische Titanatmosphäre stürzen (siehe auch S. 22). Geht die Landung glatt, darf man sich auf spektakuläre Bilder von Titans mysteriöser Oberfläche freuen.

Ab Mitte Januar soll auch der europäische Mondsatellit **Smart-1** nach und nach seine Forschungsarbeit zwischen 300 und 3000 Kilometern über den lunaren Kraterlandschaften aufnehmen.

Am 15. Februar nähert sich Cassini Titan erstmals auf rekordverdächtige 950 Kilometer. So nah kommen sich Mond und Sonde nur noch zweimal während ihrer acht Begegnungen im laufenden Jahr. Der 9. März ist ein spannendes Datum für Eismond-Fans: In nur 500 Kilometer Entfernung wird Cassini an Enceladus vorbeiziehen.

Ab Mitte Mai will die Nasa erstmals seit dem Columbia-Unglück wieder Spaceshuttles starten. **Discovery** soll mit einem Flug zur Internationalen Raumstation ISS den Anfang machen, die Astronautin Eileen M. Collins wird die Mission kommandieren.

Im Juni erreicht die japanische Sonde Hayabusa (auch Muses-C genannt) 25143 Itokawa. Ziel der **Asteroiden-Mission**: Probennahme auf der Oberfläche des Fünfhundert-Meter-Brockens und Transport einer winzigen Kostprobe zur Erde (AH 7-8/2003, S. 18).

Zum amerikanischen Nationalfeiertag, dem 4. Juli, soll Deep Impact ein 370-Kilogramm-Projektil in den Kern des Kometen Tempel 1 schießen. Mit einer Energie von umgerechnet 4,8 Tonnen TNT wird es dort einen ansehnlichen Einschlagkrater hinterlassen.

Das Mars-Startfenster 2005 will die Nasa für ihren **Mars Reconnaissance Orbiter** (MRO) nutzen. Vorgesehener Starttermin ist der 10. August.

Wenn am 26. September Cassini in 950 Kilometern an dem Minimond Hyperion vorbeifliegt, werden die Bordkameras ebenso heiß laufen wie bei der Dione-Passage (Abstand 500 Kilometer) am 11. Oktober.

Für den Herbst wird schließlich der zweite bemannte Raumflug Chinas angekündigt. In der Kapsel Shenzou 6 sollen erstmals zwei **Taikonauten ins All** aufbrechen.

Auch eine europäische Raumfahrtpremiere steht dann an: Der Jungfernflug des unbemannten **Raumtransporters ATV** zur ISS ist momentan auf den 22. Oktober anberaumt. Er kann bis zum Vierfachen der Ladung der russischen Progress-Transporter an Bord bringen.

Als Abkömmling der Mars-Express-Mission plant die Esa ihre **Venus-Express-Sonde** (VEX). Die Orbiter-Mission soll Ende Oktober an den Start.

Schließlich wird es für Cassini noch einmal spannend. Der zweitgrößte Saturnmond Rhea kreuzt am 26. November in nur 500 Kilometer Abstand den Weg der Raumsonde.

MEF / ISAS / JAXA

ESA / D. DUCROS

NASA / JPL

NASA / JPL

Hohes Verkehrsaufkommen im Sonnensystem **Hayabusa (1), der Falke, hat den Asteroiden Itokawa im Visier und setzt zur Landung an. Das ATV »Jules Verne« (2) der Esa liefert Nachschub für die ISS. »US-Spion beim Roten Planeten«: MRO (3) wird vierzigmal mehr Daten zur Erde funken als je zuvor. Deep Impact (4) schießt mit großem Kaliber auf Tempel 1 – die Asteroidenabwehr der Zukunft?**

DAS WELTBILD DER BRONZEZEIT

Die 3600 Jahre alte Himmelsscheibe von Nebra könnte ein Vorläufer moderner Sternkarten sein. Oder ein dynamisches Modell des Sonnenjahrs?

>> Uwe Reichert

Lange Zeit zählte die Archäoastronomie zu den Orchideenfächern. Wissenschaftler, die über den eigenen Tellerrand hinausschauten und die naturwissenschaftliche Disziplin Astronomie mit der von geisteswissenschaftlichem Denken geprägten Archäologie zu verknüpfen suchten, waren rar. Die Wenigen, die sich trauten, herkömmliche Denkmuster zu durchbrechen, sahen sich gewöhnlich den Eifersüchteleien von Vertretern des jeweils anderen Fachs ausgesetzt.

Diese Situation hat sich mit dem Fund der Himmelsscheibe von Nebra grundlegend geändert. Das unerwartete Auftauchen eines derart komplex gestalteten Gegenstands im bronzezeitlichen Mitteleuropa, das bisher nicht gerade als Sitz einer antiken Hochkultur galt, zwingt die Wissenschaftler zu neuen, fachübergreifenden Denkansätzen. Die verblüffend realistische Darstellung von Gestirnen auf der 3600 Jahre alten Bronzescheibe von der Größe eines Pizzatellers fordert die Forschung heraus.

»Wenn überhaupt, dann hätten wir einen solchen Schlüsselfund nicht in Mitteleuropa, sondern im Vorderen Orient oder in Ägypten erwartet«, sagt Harald Meller, der Leiter des Landesamts für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, dem es gelang, das von Raubgräbern 1999 entdeckte Stück der Wissenschaft zugänglich zu machen. In den letzten Jahren konnte der Archäologe die Unterstützung vieler Kollegen aus natur- und materialwissenschaftlichen Disziplinen gewinnen, um den Geheimnissen der Himmelsscheibe auf den Grund zu gehen.

»Der geschmiedete Himmel«

Was die Forschergemeinde bislang herausgefunden hat, kann die Öffentlichkeit derzeit in einer Ausstellung in Halle bewundern. Unter dem poetischen Titel »Der geschmiedete Himmel. Die weite Welt im Herzen Europas vor 3600 Jahren« sind die bedeutendsten bronzezeitlichen Funde zu diesem Thema zusam-

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

mengestellt. Mitte Februar 2005 treffen sich ebenfalls in Halle Wissenschaftler verschiedener Disziplinen zu einem internationalen Symposium, in dessen Mittelpunkt die Himmelsscheibe steht. Ihre Aufgabe: die archäologische, astronomische sowie religions- und kulturgeschichtliche Bedeutung der einzigartigen Gestirnsdarstellung herauszuarbeiten und die bisherigen Thesen zu ihrer Interpretation auf ihre Glaubwürdigkeit hin abzuklopfen.

Am gesichertsten – weil mit exakten Messverfahren nachprüfbar – sind die Indizien zur Herstellung und Herkunft der Himmelsscheibe. So zeigten Isotopenanalysen, dass das für die Bronze verwendete Kupfer offenbar aus dem östlichen Alpenraum stammt. Die Bronzescheibe wurde nicht in ihren heutigen Abmessungen gegossen, sondern aus einem kleineren Fladen durch Schmieden in ihre endgültige Form gebracht. Das Goldblech für die Ornamente wiederum kommt aus Siebenbürgen. Aus der gleichen Region stammt übrigens auch das Material für die »Maske des Agamemnon« und andere Stücke des Goldschatzes, den der Ausgräber Heinrich Schliemann im griechischen Mykene fand.

Diese Befunde zeigen einerseits, dass es in der Bronzezeit einen europaweiten Transport von Rohstoffen gab – und über die Handelsrouten wurde sicherlich auch

Himmels- und Sonnenscheibe,
symbolhaft präsentiert im Landesmuseum für Vorgeschichte in Halle

vielfältiges Gedankengut ausgetauscht. Andererseits wurde die Himmelsscheibe wohl nicht aus der Mittelmeerregion importiert, sondern direkt in Mitteldeutschland hergestellt. Materialwissenschaftler konnten in der Produktion der Scheibe vier verschiedene Phasen erkennen, was auf eine längere Nutzungsdauer und auf einen Gebrauchswandel hinweist (siehe Kasten auf S. 19).

Wie steht es aber mit dem Bildgehalt der Himmelsscheibe: Ist er auf mediterra- >

ANZEIGE

7000 Jahre alt Mit der Kreisgrabenanlage von Goseck konnten die Auf- und Untergangspunkte der Sonne zur Sommersonnenwende bestimmt werden.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

> ne Einflüsse zurückzuführen, oder lässt er sich ebenfalls auf die mitteleuropäische Region beziehen? Der Bochumer Astronom Wolfhard Schlosser legte hierzu eine schlüssige Arbeitshypothese vor.

Die beiden Horizontbögen am Rand der Scheibe, die auf den ersten Blick gar nichts mit Gestirnen zu tun zu haben scheinen, liefern dabei das stärkste Indiz für eine astronomische Nutzung der Scheibe. Obwohl einer der beiden Bögen fehlt, lässt er sich anhand seines Abdrucks rekonstruieren. Verbindet man die Bogenenden über Kreuz miteinander, so ergibt sich ein Winkel von 82,5 Grad. Wie Wolfhard Schlosser errechnete, entspricht dieser Winkel genau dem Bereich, über den innerhalb eines Jahrs ein Bronzezeitmensch in Sachsen-Anhalt die aufgehende Sonne am östlichen Horizont beziehungsweise die untergehende Sonne am westlichen Horizont sehen konnte. Die Horizontbögen markieren damit die Azimutdifferenz zwischen der Sommersonnenwende und der Wintersonnenwende.

Dass die Menschen bereits vor Jahrtausenden in der Lage waren, diese ausgezeichneten Punkte der scheinbaren Sonnenbahn zu bestimmen, weiß man spätestens seit der Entdeckung der jungsteinzeitlichen Kreisgrabenanlage bei Goseck – nur wenige Kilometer vom Fundort der Himmelsscheibe entfernt. Offenbar gab es in Sachsen-Anhalt eine gewisse Tradition der Himmelsbeobachtung – wie auch immer sie in den Alltag oder die kultischen Handlungen eingebettet gewesen sein mag.

Auch die anderen Symbole auf der Scheibe – mit Ausnahme des unteren Bogens, den die Archäologen als Schiff interpretieren – scheinen astronomisches Wissen der Jungsteinzeit zu repräsentieren. Schlossers Hypothese zufolge stellt die auffällige Gruppe aus sieben Goldpunkten die Plejaden dar (siehe AH März/April 2003, S. 68). Er beruft sich dabei auf die überragende Bedeutung, die diesem offenen Sternhaufen bereits in der Antike für das bäuerliche Jahr zukam. Praktisch alle alten Kulturen kannten die Plejaden als besonderes Objekt am Himmel. Aus der Abend- oder Morgensichtbarkeit des Siebengestirns wurden Vorhersagen über die Wetterentwicklung und den Ernteerfolg abgeleitet oder einfach die wichtigen Termine des >

Die Phasen der Himmelsscheibe

Mehrere Details in den Goldverzierungen weisen darauf hin, dass die Himmelsscheibe nicht in einem Vorgang hergestellt wurde, sondern verschiedene Entwicklungsphasen durchlaufen hat.

Phase I: 25 Einzelsterne, die Gruppe aus sieben Sternen, der Sichelmond sowie der Vollmond werden aufgebracht.

Phase II: Die aus anderer Goldlegierung hergestellten Horizontbögen kommen hinzu. Dazu werden drei Einzelsterne am Rand der Scheibe entfernt, einer wird leicht versetzt zur alten Position neu angebracht (aus der gleichen Legierung wie die Horizontbögen).

Phase III: Das regenbogenartige Gebilde (als Schiff interpretiert), das aus einer anderen Goldlegierung besteht als die Sterne und die Horizontbögen, wird zwischen die Sterne gezwängt.

Phase IV: Die Scheibe wird entlang ihrem Rand gelocht. Dabei werden auch die goldenen Bögen durchschlagen. Auf der Rückseite sind die Löcher entgratet.

Die Umgestaltungen der Scheibe scheinen einen grundlegenden Gebrauchswandel anzudeuten. Ungeklärt ist noch, welche Zeitspanne zwischen den einzelnen Phasen verstrich und wie lange die Scheibe überhaupt in Benutzung war. Der linke (östliche) Horizontbogen scheint bereits vor der Deponierung abgefallen zu sein.

Phase I

Phase II

Phase III

Phase IV

AH / UWE REICHERT

bäuerlichen Jahrs wie Saatbeginn und Ernte festgelegt. Die Eigenarten der Vegetationszyklen kennen zu lernen war für die Menschen aller agrarisch geprägter Kulturen von eminenter Bedeutung, und sie verknüpften ihre Beobachtungen der Natur mit den ebenfalls zyklischen Vorgängen am Himmel.

Ein solcher Zyklus ergab sich beispielsweise durch den regelmäßigen Vorübergang des Mondes an den Plejaden. Da der Sternhaufen relativ nahe der Ekliptik liegt, läuft der Erdtrabant einmal im Monat an ihm vorbei. Doch nur einmal im Jahr war in der frühen Bronzezeit die schmale Sichel des zunehmenden Monds dicht bei den Plejaden zu sehen – und zwar gerade dann, wenn das Siebengestirn sich anschickte, in der Abenddämmerung dicht über dem Westhorizont unsichtbar zu werden. Schlossers Berechnungen zufolge fiel die letzte Sichtbarkeit der Plejaden am Abend auf einen nur wenige Tage langen Zeitraum um den 10. März. Ihr erster sichtbarer Morgenuntergang war ähnlich scharf um den 17. Oktober definiert; dabei konnte es passieren, dass der Vollmond in ihrer Nähe stand. Diese beiden Termine stimmen recht gut mit dem Beginn und dem Ende des bäuerlichen Jahrs überein.

Plejaden als Wettergestirn

Letztlich ist das Zusammentreffen von schmaler Mondsichel beziehungsweise Vollmond mit den Plejaden zu besonderen Zeiten des Jahrs auf eine einfache Ursache zurückzuführen: In der ausgehenden Jungsteinzeit und der beginnenden

Ausstellung

HALLE Die Stadt

»Der geschmiedete Himmel« ist bis 24. April 2005 im Landesmuseum für Vorgeschichte in Halle (Saale) zu sehen. Geöffnet täglich von 9 bis 19 Uhr (montags nur nach Voranmeldung). Anschließend wird die Ausstellung in Kopenhagen und Mannheim gezeigt. Weitere Informationen sind unter www.archlsa.de/sterne erhältlich.

Dynamisches Modell des Sonnenjahrs

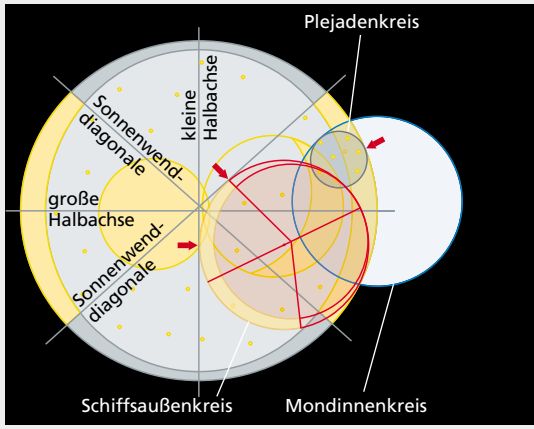
Eine interessante Deutung der Bildsymbole auf der Himmelsscheibe hat Burkard Steinrücken von der Sternwarte in Recklinghausen vorgeschlagen. Aus einer zunächst rein geometrischen Betrachtung des statischen Bildgehalts ergibt sich ein dynamisches Modell astronomischer Phänomene.

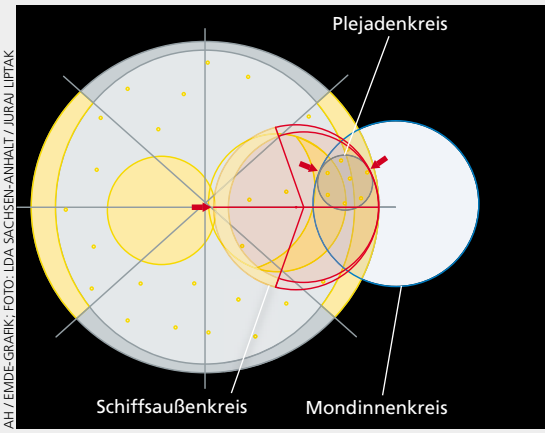
Steinrücken passte Ellipsen an den Scheibenrand und die Horizontbögen an sowie Kreise an das Schiff, die beiden Mondsymbole und die Plejaden (Bild oben). Die Proportionen der geometrischen Formen erinnerten ihn – analog zum Epizykelmodell der griechischen Antike – an einen Mechanismus aus rollenden Kreisen.

Den äußeren Kreis um das Schiff (dessen Durchmesser dem halben Durchmesser der Scheibe entspricht), lässt Steinrücken auf der Ellipse abrollen, die dem Umfang der Scheibe angepasst ist. Die Rollbewegung des Schiffs symbolisiert dann den zyklischen Kreislauf der Sonne. In einer zweiten Stufe verbindet Steinrücken den Schiffsaußenkreis fest mit dem gleich großen Kreis, der sich an die Innenseite der Mondsichel anschmiegen lässt. Zudem lässt er den Kreis um die Plejaden im Gegensinn zur Schiffsrotation epizyklisch im Mondinnenkreis rollen. (Die Animationen sind im Internet unter www.archaeoastronomie.info/archaeoastro/html/hsvn.html abrufbar.)

Durch diese zunächst willkürlich erscheinende Konstruktion bewegt das rollende Schiff den Mondinnenkreis durch die Scheibe hindurch und über ihren Rand hinaus, aber die epizyklische Bewegung des Plejadenkreises führt die Sterngruppe sanft bis zum streifenden Kontakt an den Scheibenrand heran (mittleres Bild). In der rechten Symmetriestellung des Schiffsaußenkreises – das heißt, wenn er auf der großen Halbachse der Scheibenrandellipse steht (unteres Bild) – verschwindet der Plejadenkreis vollständig in der Überlappung aus Schiffsaußenkreis und Mondinnenkreis. Identifiziert man diese (sowie die linke) Symmetriestellung mit der Frühjahrs-Tag-und-Nacht-Gleiche und analog die untere und obere Symmetriestellung mit der Herbst-Tag-und-Nacht-Gleiche, erhält man eine völlig korrekte Beschreibung des Sonnenlaufs und der Plejadensichtbarkeit in zwei aufeinander folgenden Jahren: Zu Frühlingsbeginn sind die Plejaden unsichtbar, zu Herbstbeginn stehen sie fast in Opposition zur Sonne.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.





AH / EMDE-GRAFIK, FOTO: LDA SACHSEN-ANHALT / JURAJ LIPTAK

Die auf der Himmelsscheibe dargestellte Situation entspricht dann der letzten Sichtbarkeit der Plejaden in der Morgendämmerung während der Oppositionszeit, was in der Bronzezeit etwa zwei Wochen nach Herbstanfang zutraf.

Bronzezeit – im 3. und 2. Jahrtausend v. Chr. – lag der Frühlingspunkt in der Nähe des Siebengestirns. Demnach stand die Sonne zu Herbstbeginn den Plejaden genau gegenüber, sodass die Konjunktion von Vollmond und Siebengestirn am westlichen Morgenhimmel als Anzeiger für den beginnenden Herbst dienen konnte. Analog zeigte die schmale Sichel des zunehmenden Monds nahe den Plejaden am westlichen Abendhimmel den kommenden Frühling an.

Dieser Deutung zufolge wären der goldene Vollkreis und der Sichelmond auf der Himmelsscheibe tatsächlich als Vollmond und zunehmender Mond und nicht als Sonne beziehungsweise teilverfinsterte Sonne zu interpretieren.

Schlossers Resümee: Hält man die Himmelsscheibe wie eine moderne Sternkarte (Osten ist somit links, Westen rechts), dann markiert der fehlende Horizontbogen den östlichen Horizontbereich, in dem die Sonne aufgeht. Der noch vorhandene rechte Horizontbogen repräsentiert analog den Bereich, in dem die Sonne im Westen untergeht. Die Sichel des zunehmenden Monds stellt zusammen mit dem Sternhaufen der Plejaden die astronomische Situation zu Beginn des bäuerlichen Jahrs dar, wenn beide Gestirne dicht benachbart über dem Westhorizont stehen. Am Ende des bäuerlichen Jahrs, Mitte Oktober, sind die Plejaden frühmorgens zusammen mit dem Vollmond über dem Westhorizont anzutreffen.

Dynamisches Modell

Sollten diese Überlegungen stimmen, dann wäre die Himmelsscheibe in der Tat eine realistische Abbildung des Geschehens am Himmelsgewölbe. Unsere Ahnen müssen demnach recht komplexe Einsichten in die Vorgänge der Natur gehabt haben (siehe Grafik).

In diesem Zusammenhang wird auch ein Detail auf der Himmelsscheibe bedeutsam: Die Mondsichel ist größer dargestellt, als es dem Durchmesser des vollen Mondsymbols entspricht. Falls dieser Größenunterschied mit der von den Bronzezeitmenschen wahrgenommenen Größe korrespondiert, wäre es die erste bekannte Darstellung des so genannten Mondphänomens: Der Erdtrabant erscheint größer, wenn er dicht über dem Horizont steht – eine reine Wahrnehmungstäuschung.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

In einem alternativen Deutungsversuch kommt dem Größenunterschied der beiden Mondsymbole eine gänzlich andere Bedeutung zu. Burkard Steinrücken von der Volkssternwarte und dem Planetarium Recklinghausen hat einen »dynamischen« Interpretationsvorschlag vorgelegt. Wie anderen Wissenschaftlern auch, fielen ihm die vielfältigen Symmetrien im Bildgehalt der Himmelsscheibe auf. Steinrücken passte Kreise und Ellipsen an den Scheibenrand, die Horizontbögen, das Schiff, die beiden Mondsymbole sowie die Plejaden an und erhielt ein erstaunliches Geflecht aus geometrischen Formen, das an das Epizykelmodell der Griechen und Araber erinnert.

Die Struktur dieses Systems lässt an einen Mechanismus aus rollenden Kreisen denken. Eine solche dynamische Interpretation mag gewagt sein, doch immerhin vermag Steinrückens Hypothese die räumlichen und zeitlichen Aspekte des Sonnenjahrs sowie die Sichtbarkeit der Plejaden in den verschiedenen Jahreszeiten auf der geografischen Breite von Nebra korrekt darzustellen (siehe Kasten links). Animierte Darstellungen dieses Mechanismus kann man sich im Internet ansehen (www.archaeoastronomie.info/archaeoastro/html/hsvn.html).

Wie dem auch sei: Die Wissenschaft wird noch lange damit beschäftigt sein, solche Thesen und Spekulationen zu überprüfen. Neben archäologischen Befunden könnte auch der Mythos weitere Hinweise liefern. So sind Mondsichel und Sterne noch heute im Wappen der Stadt Halle anzutreffen. Der Ursprung dieser Symbole verliert sich im Dunkel der Geschichte. Doch in alten Zeiten, als nur ein paar Dutzend Stroh- und Holzhütten am Ort der heutigen Stadt Halle standen, sollen die dort wohnenden Salzsieder den Landesherrn – einen Bischof – gebeten haben, eine Stadt bauen zu dürfen. Der Bischof, amüsiert über das Ansinnen der armen Leute, gewährte es ihnen lachend und fügte hinzu: »Es leuchte euch Sonne, Mond und Sterne!«

Vielleicht war es ja gar kein Bischof, der den Schutz der Gestirne gewährte, sondern ein Druide oder Schamane? <<

Das Weltbild der Himmelsscheibe in sphärischer Darstellung: Über dem Menschen im Zentrum wölbt sich das Firmament, während die Barke die Sonne nachts über den Ozean nach Osten zurückbringt.

Der Wissenschaftsredakteur **Uwe Reichert** schreibt über alles zwischen Venus und Urknall. Und wenn er sich gedanklich doch einmal auf der Erde aufhält, dann garantiert in einem früheren Jahrhundert.

Dicke Luft

Der Saturnmond Titan ähnelt in vielerlei Hinsicht der Erde. Mitte Januar soll die europäische Sonde Huygens auf ihm landen. Forscher erwarten von der Mission faszinierende Einblicke in eine fremde und rätselhafte Welt.

>> Jean-Pierre Lebreton

Am 14. Januar 2005 soll die europäische Sonde Huygens in die dichte Atmosphäre des Saturnmonds Titan eintauchen. Mit einem Durchmesser von 5150 Kilometern nimmt dieser eine Sonderstellung unter den Monden unseres Sonnensystems ein: Er ist – nach Jupiters Ganymed – der zweitgrößte von ihnen und zugleich der einzige, der von einer dichten Atmosphäre eingehüllt ist.

Die Wissenschaftler interessieren sich in ganz besonderer Weise für Titan. Hinsichtlich der atmosphärischen Bedingungen und des Drucks am Boden ähnelt der Saturnmond unserem Heimatplaneten mehr als irgendein anderer Himmelskörper im Sonnensystem. Sowohl die irdische als auch die titanische Atmosphäre bestehen hauptsächlich aus Stickstoff (77 Prozent bei der Erde, 90 bis 97 Prozent bei Titan) und der Oberflächendruck auf Titan ist anderthalbmal so groß wie der auf der Erde.

Hinzu kommt, dass eine reichhaltige organische Chemie den Titan in ein riesiges Laboratorium verwandelt, mit dessen Hilfe sich präbiotische Prozesse untersuchen lassen – jene Prozesse also, die auf der Erde möglicherweise zur Entstehung des Lebens führten. Sowohl die ultraviolette Sonnenstrahlung als auch hochenergetische Teilchen, die im Magnetfeld des Saturns beschleunigt werden, zerstören Methan, molekularen Stickstoff und andere Stoffe in der oberen Atmosphäre Titans. Dabei entstehen Reaktionsprodukte, die sich zu Kohlenwasserstoffen (zum Beispiel Ethan) oder zu Nitrilen (etwa Zyanwasserstoff) verbinden.

Modelle der Titanatmosphäre deuten darauf hin, dass diese organischen Substanzen auf Aerosolteilchen kondensieren, als Regen niedergehen und möglicherweise Seen oder gar Meere auf der Oberfläche bilden. Radarbeob- >

GLOSSAR

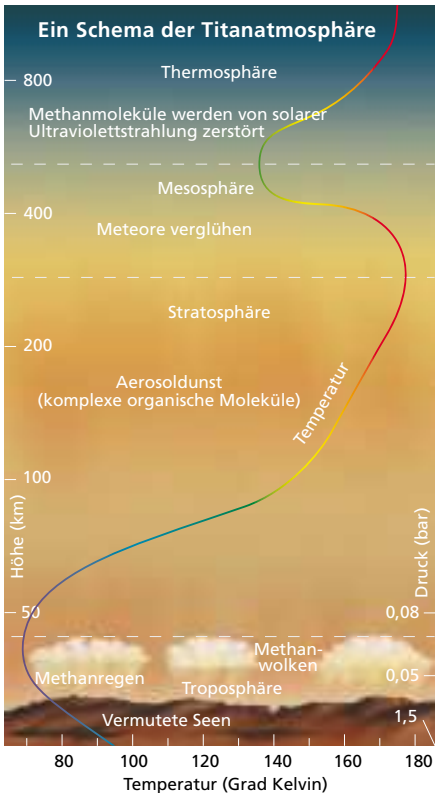
Cassini/Huygens-Mission: Gemeinschaftsprojekt von Nasa und Esa zur Erforschung des Saturnsystems. Die Nasa steuerte die Cassini-Sonde bei, die vier Jahre lang um Saturn kreisen wird. Von der Esa stammt die Huygens-Sonde, die im Januar auf Titan landen soll.

Titan ist ein Trabant Saturns und der einzige bislang bekannte Mond mit einer dichten Atmosphäre. Er hat viele Ähnlichkeiten mit der Erde.

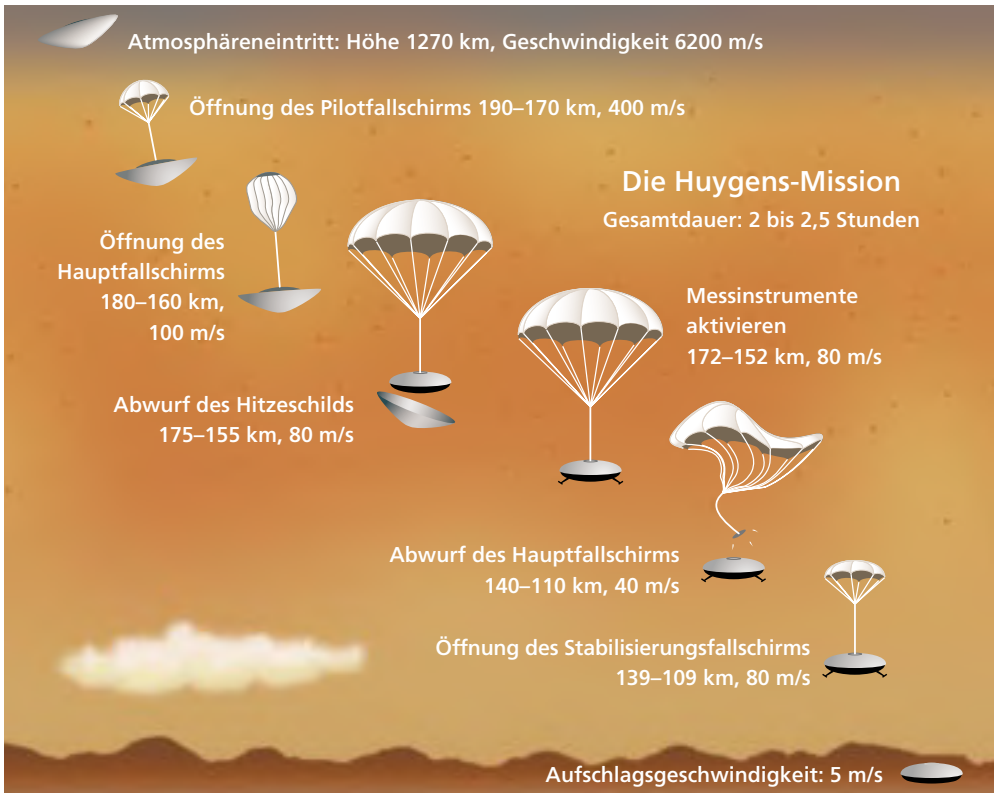
Nach einem Flug durch die dichte Titanatmosphäre könnte die Huygens-Sonde entweder auf einer festen oder flüssigen Oberfläche landen (goßes Bild). Die Sonde wurde nach dem niederländischen Wissenschaftler Christiaan Huygens (1629–1695, rechts) benannt, der den Saturnmond 1655 entdeckte und als Erster die Saturnringe deutlich sah.

HUYGENSMUSEUM HOFWIJCK, VOORBURG, NIEDERLANDE

ILLUSTRATION DON DAVIS



BEIDE BILDER: GREGG DINDERMAN, S&T



Mit den Daten, die Huygens beim Landeanflug liefert, wollen die Forscher ihr Modell der Titanatmosphäre (links) überprüfen. Ein Bar entspricht dem mittleren irdischen Luftdruck in Meereshöhe.

> achtungen von der Erde aus zeigen flache, spiegelglatte Flächen auf der Titanoberfläche, genau wie man es für einen Himmelskörper mit teilweise flüssiger Oberfläche erwartet. Die fotochemischen Reaktionen in Titans Gashülle erzeugen einen orangefarbenen Smog, den die Kameras der Voyager-2-Sonde nicht durchdringen konnten. Allerdings erlaubt uns die dichte Atmosphäre, Forschungssonden an Fallschirmen landen zu lassen.

Schon als die europäischen und amerikanischen Forscher Anfang der 1980er Jahre mit ihren Planungen für eine Mission ins Saturnsystem begannen, war Titan eines der attraktivsten Ziele. Voyager 1 und 2 hatten zwar eine Reihe von Informationen über Titans Gashülle geliefert, aber zugleich auch viele neue Fragen aufgeworfen.

Voraussichtlich zwei bis zweieinhalb Stunden dauert Huygens' Niedergang durch die Atmosphäre von Titan – eine Menge Zeit für die Forscher. Die 319 Kilogramm schwere Kapsel enthält sechs hoch entwickelte Instrumente. Das »Huygens Atmosphere Structure Instrument« (Hasi), ein Gerät zur Untersuchung der atmosphärischen Struktur, misst Druck, Temperatur, elektrische Ladung, Windgeschwindigkeit und Turbulenzen in der Umgebung. Die Beschleunigungsmesser von Hasi zeichnen die Flugbewegungen der Kapsel auf und erlauben den Forschern, daraus Rückschlüsse auf die Dichte der oberen Stratosphäre zu ziehen. Das Instrument besitzt sogar Mikrofone, um Geräusche in der Atmosphäre aufzuzeichnen.

Das GCMS-Gerät (Gas-Chromatograf und Massenspektrometer) misst die Anteile von Stickstoff und Methan sowie von bestimmten Kohlenwasserstoffen und Nitrilverbindungen in der Atmosphäre. Weiterhin wird es nach bisher unentdeckten, nur in geringen Mengen vorhandenen Stoffen suchen. Das Gerät soll gewissermaßen eine vollständige Inventur der chemischen Bestandteile der Titanatmosphäre vornehmen. Der »Aerosol Collector and Pyrolyzer« (ACP) sammelt, erhitzt und verarbeitet Aerosolproben während des Sinkflugs; die

Ein schwarzer Tag für Huygens – beinahe!

Anfang 2000 stießen die Flugingenieure auf ein ernstes Problem. Damals wurde getestet, ob die Huygens-Sonde während ihres Landeanflugs Daten an die »Muttersonde« Cassini übermitteln kann. Die Analyse ergab, dass die Doppler-Verschiebung zu stark wäre – Cassini wäre nicht in der Lage gewesen, die Signale von Huygens zu empfangen. Dieser Planungsfehler drohte fast die gesamte Huygens-Mission scheitern zu lassen.

Die Raumfahrtexperten der Esa fanden zum Glück eine Lösung für das Problem. Unter anderem verschoben sie Huygens' Landung um sieben Wochen auf den 14.1.2005. Dies hat zur Folge, dass Cassini während Huygens' Fallschirmflug 60 000 Kilometer von Titan entfernt sein wird statt wie ursprünglich geplant 1200 Kilometer. Die größere Distanz verringert den Doppler-Effekt, da die beiden Sonden sich nun relativ zueinander mit viel kleinerer Geschwindigkeit bewegen. Überdies gelang es den Missionsplanern, die Flugbahn für die vier Jahre währende Cassini-Mission im Saturnsystem aufrechtzuerhalten. Wir können nun davon ausgehen, dass Cassini alle von Huygens gesendeten Daten empfängt und zur Erde weiterleitet.

>> David Doody

Während die Huygens-Sonde am Fallschirm hinabgleitet, untersuchen ihre Instrumente die Zusammensetzung der Gashülle sowie die Windgeschwindigkeiten darin.

ESA

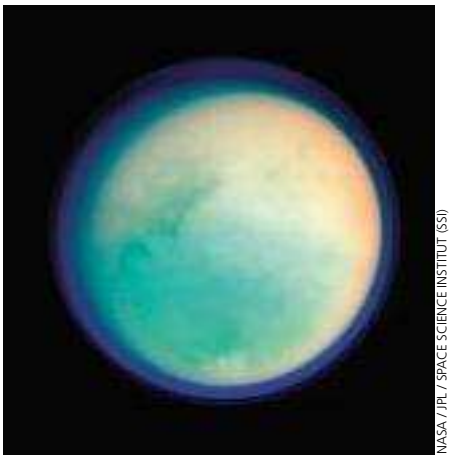
Proben werden dann anschließend im GCMS analysiert.

Weiterhin soll Huygens das »Doppler-Wind-Experiment« (DWE) durchführen, das eine Radioverbindung zwischen Huygens und Cassini nutzt, um zu ermitteln, wie stark der Wind die Sonde während des Sinkflugs abtreibt. Aus den Messdaten wollen die Wissenschaftler ein Windprofil für Titan erstellen.

Von sehr großer Bedeutung ist auch das »Descent Imager and Spectral Radiometer« (DISR). Dieses Instrument ist dafür vorgesehen, im Lauf des Fallschirmflugs Fotos zu machen und Spektren im Ultraviolett- und Infrarotbereich aufzunehmen. Mit Hilfe der Spektren können die Forscher herausfinden, wie die Titanatmosphäre chemisch zusammengesetzt ist.

Zwar sind die Beleuchtungsverhältnisse auf dem Saturnmond nicht optimal: Der Saturn ist etwa zehnmal weiter von der Sonne entfernt als die Erde, Titan bekommt also hundertmal weniger Licht ab als unser Heimatplanet. Von diesem kleinen Teil filtert Titans Gashülle auch noch über 90 Prozent heraus, sodass die Helligkeit auf der Oberfläche des Saturnmonds gerade mal einem Tausendstel der irdischen Taghelle entspricht. Aber das ist immer noch 500-mal mehr Licht, als eine irdische Vollmondnacht zu bieten hat – genug für DISR, um gute Aufnahmen zu machen.

Während sich die Huygens-Sonde unter dem Fallschirm dreht, registriert DISR bei jedem Umlauf die Position der Sonne. Mit dieser Information lassen sich später Panoramabilder zusammensetzen. In einer Höhe von wenigen hundert Metern schaltet das Instrument eine 20-Watt-Lampe an, um das Reflexionsvermögen der Titanoberfläche zu ermitteln. Diese Messung liefert schon vor der Landung wertvolle Informationen über die Zusammensetzung des Bodens – und zusätzliches Licht für die Aufnahmen.



NASA / JPL / SPACE SCIENCE INSTITUT (SSI)

Falschfarbenbild von Titan, aufgenommen von der Cassini-Sonde am 26. Oktober 2004. Die dicke Atmosphäre (blau) ist deutlich sichtbar.

Landen oder wassern?

Als wir mit der Entwicklung von Huygens begannen, wussten wir so gut wie nichts über die Bedingungen auf Titan. Unter diesen Voraussetzungen ein absolut sicheres Landesystem zu entwerfen, war technisch und finanziell unmöglich. Aber wenn Huygens den mit fünf Metern pro Sekunde vergleichsweise sanften Aufprall übersteht, wäre dies ein großes Plus für die Mission.

Die Huygens-Sonde kann sowohl bei einer Landung auf festem Grund als auch auf einer flüssigen Oberfläche zahlreiche Messungen vornehmen. Im letzteren Fall ist das »Surface Science Package« SSP (Oberflächenforschungspaket), bestehend aus neun Sensoren, dafür ausgerüstet, sowohl die Dichte, die Temperatur, die elektrische Leitfähigkeit, die Schallgeschwindigkeit als auch andere Eigenschaften der flüssigen Oberfläche messen. Außerdem kann das SSP, wenn die Sonde in einer Flüssigkeit niedergeht, die Höhe und die Häufigkeit von eventuell auftretenden Wellen sowie die Tiefe des »Gewässers« bestimmen.

Übersteht Huygens die Landung, so vermag die Kapsel Daten an Cassini zu senden, solange die Batterien bei minus 178 Grad Celsius Außentemperatur durchhalten. Cassini ist darauf programmiert, mehr als zwei Stunden lang die Signale aufzufangen, die Huygens von der Oberfläche sendet – dann verschwindet das Mutterschiff hinter dem Titanhorizont. Diese Informationen könnten die aufregendsten der ganzen Cassini-Mission sein. Selbst wenn die Messungen nur wenige Minuten dauern, können wir sehr viel über diese faszinierende Welt erfahren. Letzten Endes aber müssen wir uns mit dem begnügen, was die unwirtliche Umgebung uns mitzuteilen bereit ist. <<

Jean-Pierre Lebreton ist Projektwissenschaftler bei der Esa. Er leitet die Huygens-Mission.

SATURN: DAS RÄTSEL DER RINGE

Lange war das Ringsystem des Saturns von der Erde aus gesehen nur ein gigantischer Hula-Hoop-Reifen, der um die Hüften des Planeten kreist. Cassinis gestochen scharfe Nahaufnahmen ändern die Sichtweise nachhaltig.

>> David Tytell

Vor 25 Jahren gab es die ersten Nahaufnahmen von Saturn, 1979 von der Raumsonde Pioneer 11 im Vorbeiflug geschossen. Ziemlich genau ein Jahr später stattete Voyager 1 dem Ringplaneten einen Besuch ab, dicht gefolgt von Voyager 2 im August 1982. Seither gab es nichts Neues. Bis Cassini im Sommer 2004 nach über zwanzig Jahren Sendepause erstmals wieder Bilder von Saturn auf die rund 1,5 Milliarden Kilometer entfernte Erde funkte, und zwar solche von nie da gewesener Qualität.

Inzwischen war eine ganze Generation von Weltraumbegeisterten aufgewachsen, ohne jemals aktuelle Bilder des Gasplaneten gesehen zu haben. In den Wochen vor Cassinis Ankunft steigerte sich die Spannung täglich. Je näher die Sonde ihrem Ziel kam, desto besser wurden die Aufnahmen. Und ganz nebenbei lieferte Cassini auch noch phänomenale Fotos des äußeren Saturnmonds Phoebe.

Spätestens von dem Moment an, als die Raumsonde am 1. Juli ihre Bremstriebwerke zündete und in eine Saturn-Umlaufbahn eintrat, verfolgten Astrofans auf der ganzen Welt ihre Reise. >

ALLE CASSINI-FOTOS DIESES ARTIKELS: NASA / JPL / SSI

> Nur durch einen glücklichen Zufall sauste Cassini direkt über das Ringsystem des Planeten hinweg und machte derart scharfe Fotos, dass der Betrachter das Gefühl hatte, selbst an Bord zu sein. So nah wird die Raumsonde während der gesamten Hauptmission nicht mehr an den Ringen vorbeikommen.

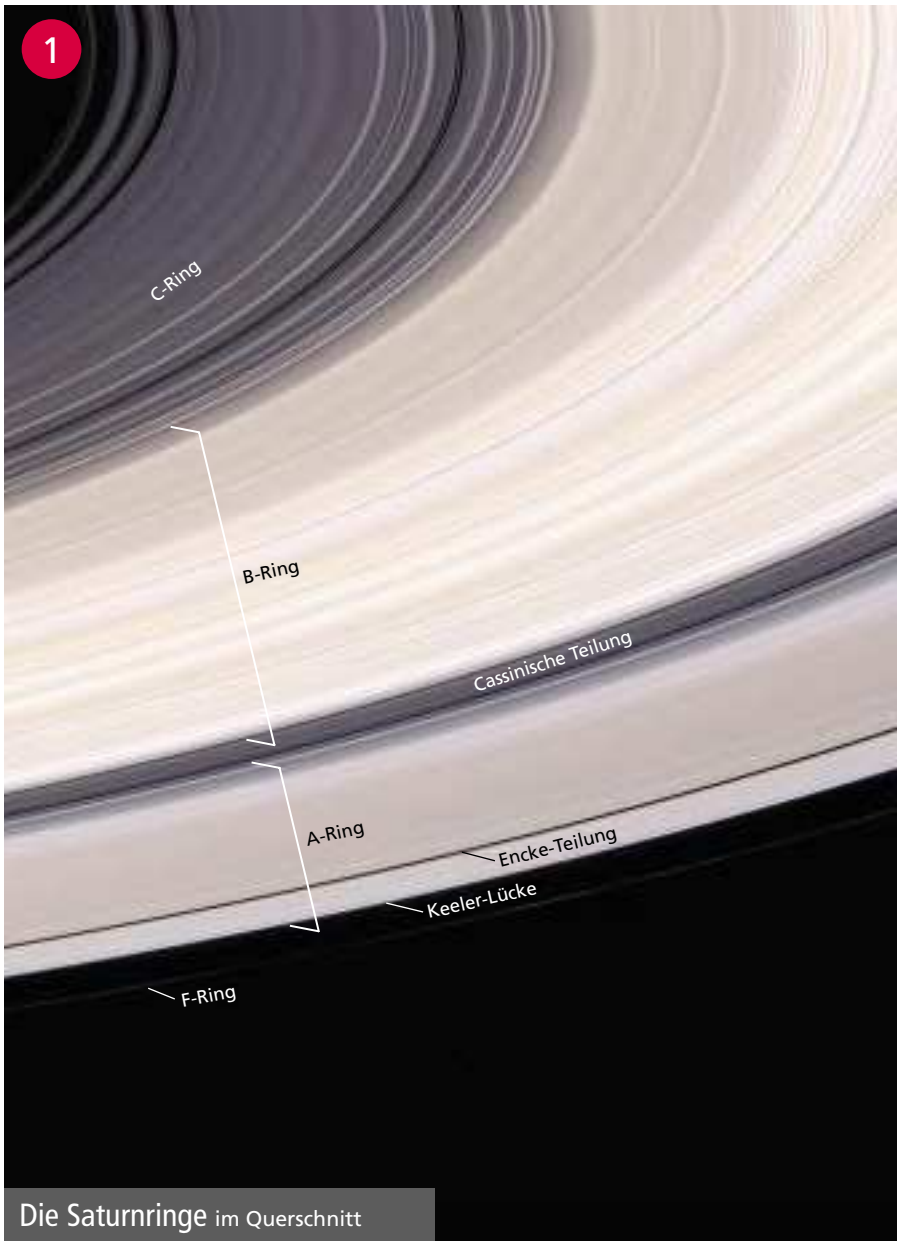
Dank der hohen Bildauflösung (150 Meter pro Pixel) – rund fünfmal höher als jene von Fotos der Voyagermission – entpuppen sich Saturns Ringe (Bild 1) als eine dynamische Welt voller Verwerfungen, Krümmungen und Wellen. Tausende von dünnen Ringen, jeder von ihnen mit einer ganz charakteristischen Breite, umkreisen den Gasplaneten. Mindestens ebenso faszinierend wie diese mit Eisbrocken beladenen Ringe sind die Lücken, die dazwischen klaffen – einige schmal, andere unermesslich breit, und jede einzelne von ihnen zurückzuführen auf eine ganz spezifische Ursache.

Schwarze Streifen aus nichts

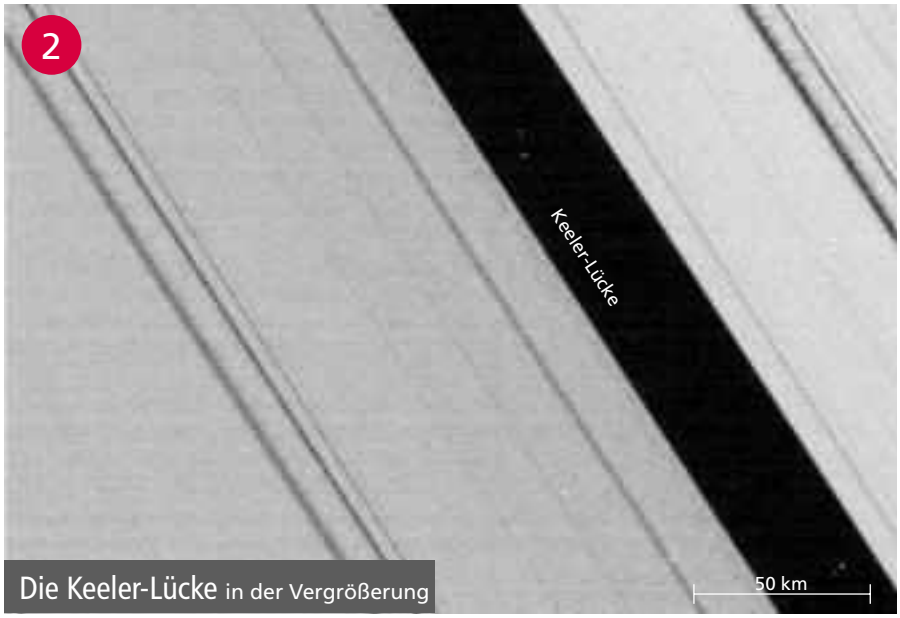
Cassini näherte sich dem Ringsystem zunächst von seiner unbeleuchteten Seite – eine ungewöhnliche Perspektive, so als würde man von einem Foto zuerst das Negativ sehen. Dabei weisen dunkle Regionen entweder auf Bereiche hin, in denen die Ringe so dick sind, dass sie kein Licht mehr hindurchlassen, oder aber auf Regionen, in denen ein Spalt das Ringsystem durchzieht, so dass Cassinis Kamera in die tiefe Schwärze des Weltalls dahinter blickt. Die hellen Regionen zeigen Bereiche, in denen eine dünne Partikelschicht das Licht der Sonne streut. Und dort, wo hochenergetische kosmische Strahlung auf Cassinis Kameradetektoren traf, entstanden weiße Flecken auf dem Foto.

Der schwarze Streifen im Bildausschnitt hier rechts (Bild 2) ist als Keeler-Lücke bekannt – ein 35 Kilometer breites komplett leeres Band. Bei den hellen Regionen rechts und links davon handelt es sich um Ringe mit einer geringen Teilchendichte, während die dünnen schwarzen Linien höchstwahrscheinlich sehr dichte, Licht absorbierende Ansammlungen von Partikeln darstellen.

Für das Wechselspiel aus Bändern und Lücken sind Saturns Monde verantwortlich – sowohl seine bereits bekannten Satelliten als auch jene, die noch nicht entdeckt wurden. Durch ihre Schwerkraft beeinflussen sie die Teilchen in ih-



Die Saturnringe im Querschnitt



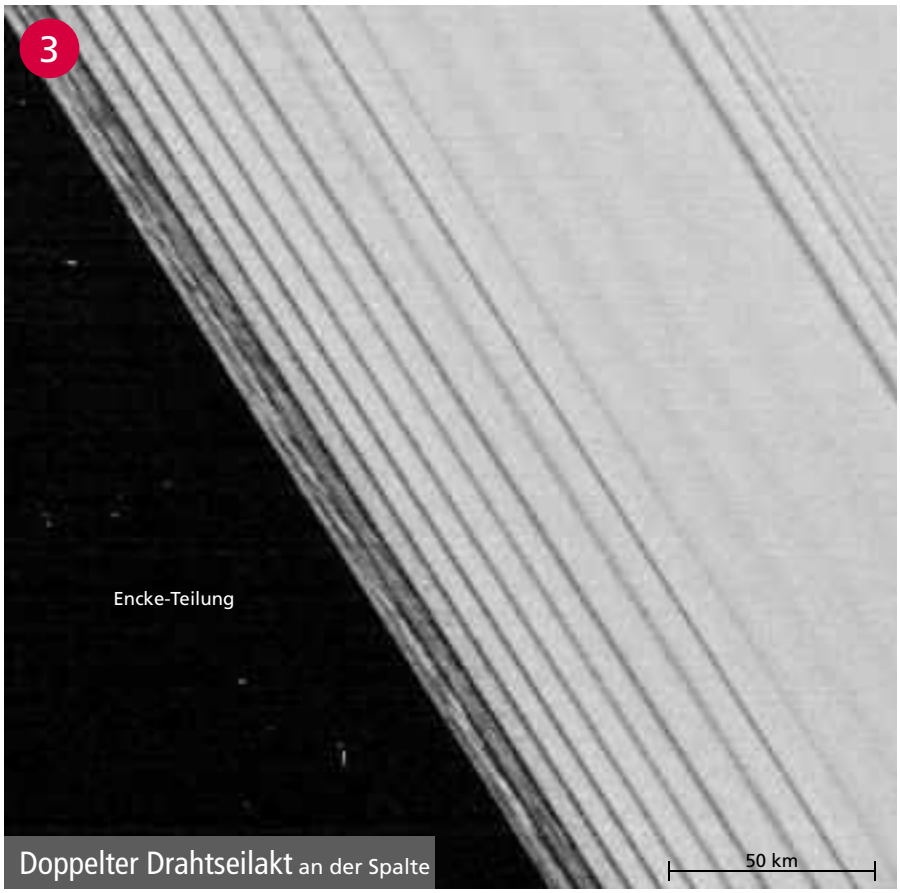
Die Keeler-Lücke in der Vergrößerung

rer Nachbarschaft. Ein Beispiel dafür ist die Encke-Teilung (Bild 3). Ein winziger Mond namens Pan, der hier nicht zu erkennen ist, verursacht den leeren Raum am linken Bildrand, indem er die Ringpartikel durch seine Schwerkraft wegpustet wie ein Blasebalg die Asche im Kamin. Geröll, das aus dem Ring in die Lücke wandert, wird durch Pans Einfluss verdrängt. Der Mond ist auch für das verflochtene, seilähnliche Aussehen des Rings direkt neben der Encke-Teilung verantwortlich. Eine der Aufgaben des Cassini-Forscherteams besteht darin herauszufinden, wie diese Verflechtungen genau aufgebaut sind und wodurch sie entstanden sein könnten.

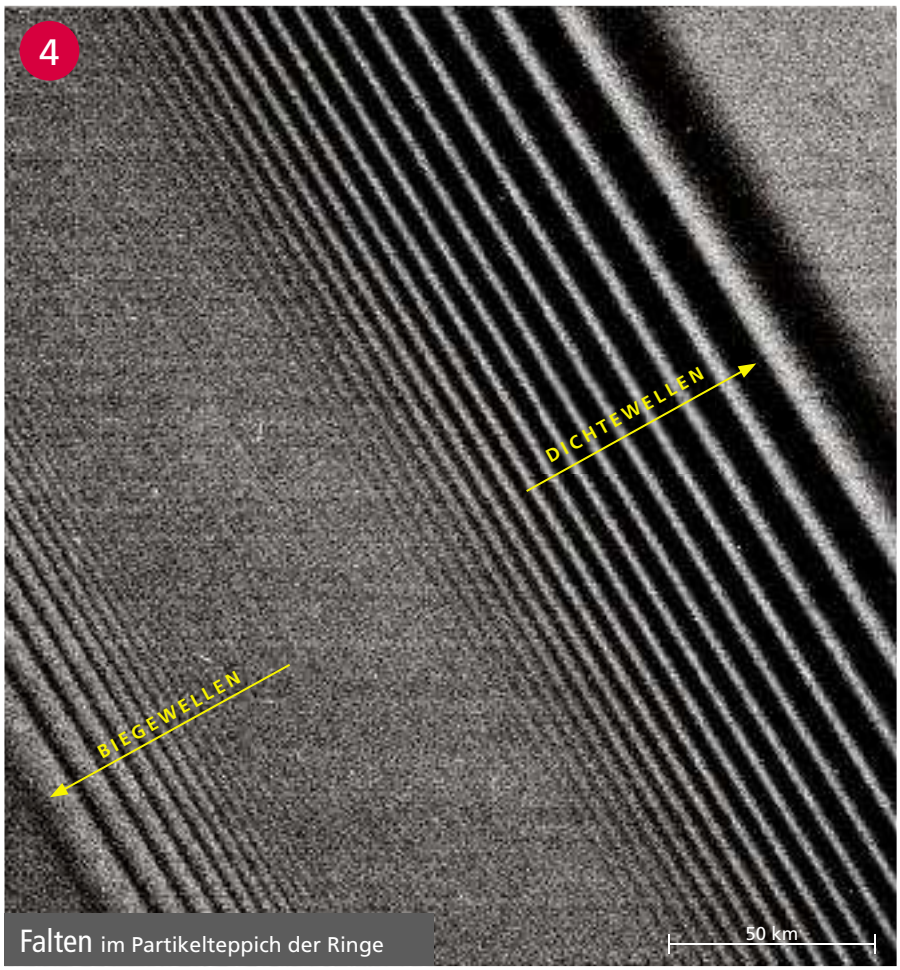
Dichtewellen wie unten in Bild 4 bilden sich, wenn ein Mond vorbeizieht, Partikel von ihrem vorbestimmten Weg ablenkt und Geröllbrocken zusammenschiebt. Das Ergebnis zeigt sich als eine Reihe dichter Bänder, die das Sonnenlicht absorbieren. Die Wellen bewegen sich nach außen, weg von der Störkraft, wobei ihre Amplituden und Wellenlängen umso kürzer werden, je weiter sie vom Saturntrabanten entfernt sind. Just diese Dichtewellen auf den ersten Aufnahmen, die von Cassini aus gemacht wurden, riefen den größten Begeisterungssturm hervor. »Sie sind wie aus dem Lehrbuch, genau was wir erwartet haben«, sagt Joseph A. Burns von der Cornell University und Mitglied des Forscherteams der Mission und fügt hinzu: »Die Wellencharakteristik ist echt.« Die Struktur ist also kein Effekt, der bei der Datenverarbeitung entstand.

Eine Ziehharmonika aus Wellen

Die Monde lösen nicht nur innerhalb der Ringebene Schwingungen aus: Sie lassen Teilchen zudem über und unter die Ebene hinauspendeln, in Form von »Biegewellen«. Wie Dichtewellen entstehen diese Transversalwellen, wenn ein Mond ober- oder unterhalb der Ringebene vorbeizieht und dabei die Teilchen stört – in diesem Fall, indem er ihre Neigung verändert. Biegewellen pflanzen sich allerdings nach innen fort , wie rechts im Bild zu sehen. Man kann sie sich genauso vorstellen wie Wellen, die entstehen, wenn man einen Kiesel in einen Teich wirft oder wenn ein Wassertropfen in die Regentonne platscht. Als seien sie auf eben diese Weise entstanden, erheben sich Partikel in Reihen über die Ringebene. >



Doppelter Drahtseilakt an der Spalte



Falten im Partikelteppich der Ringe

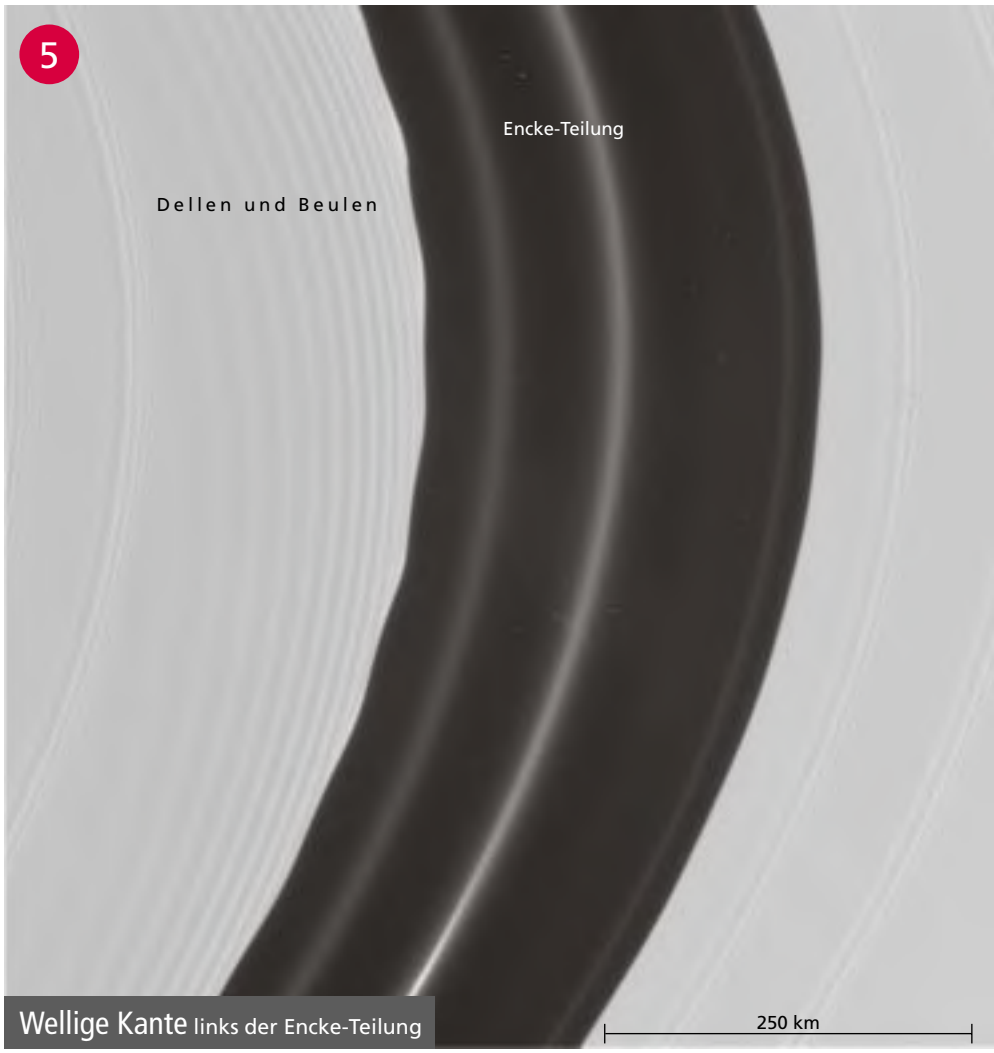
> Im Sonnenlicht allerdings sieht die 325 Kilometer breite Encke-Teilung völlig anders aus (Bild 5). Zum einen ist sie nicht komplett leer. Innerhalb der Lücke gibt es ein paar Stellen, an denen Pan nicht alles weggeräumt hat – dünne Ringfäden blieben zurück. Zum anderen fallen in dieser Ansicht die »verbeulte« Ringkante links im Bild sowie die Wellen, die nach außen von ihr fortlaufen, auf. Auch daran sind Pan und seine Schwerkraft schuld.

Gebogen und scharfkantig

Auf Grund von Bahnresonanzen beeinflussen Monde die Ringe selbst aus der Ferne. Geröllbrocken drängeln sich in bestimmten Regionen innerhalb der Ringebene – oder verlassen bestimmte Bereiche –, wenn ihre Umlaufbahnen zu der eines Monds in einem ganzzahligen Verhältnis stehen. Ein Beispiel dafür ist die Innenkante der Cassinischen Teilung, auch als Außenkante des B-Rings bekannt. Hervorgerufen wird diese Lücke im Streifenmuster durch eine 2:1-Bahnresonanz mit dem Mond Mimas. Oder anders ausgedrückt: Die Ringpartikel in dieser Region umkreisen Saturn zweimal (alle 11,3 Stunden) in der Zeit, die Mimas benötigt, um den Planeten einmal zu umrunden (22,6 Stunden). Wie auf einer Autobahn mit Tausenden von Spuren sausen Partikel um den Gasplaneten herum – einige innen auf der Überholspur, andere außen im Schneckentempo.

Das maßstabsgetreue Diagramm (6) zeigt mehrere von Saturns äußeren Monden. Jeder von ihnen hat eine bestimmte Umlaufgeschwindigkeit, die in Resonanz mit bestimmten weiter innen oder außen liegenden Bändern steht. Infolge dieser Resonanzeffekte entstehen Lücken wie die Cassini-Teilung durch Mimas: Ein Mond überträgt bei jedem seiner Umläufe eine Extraportion Energie auf jene Geröllbrocken, deren Umlaufperiode in ganzzahligem Verhältnis zur Umlaufperiode des Monds steht. Dadurch zieht er regelmäßig an der gleichen Stelle vorbei und bewirkt, dass sie eine andere Kreisbahn einnehmen und aus der Resonanzzone verschwinden – eine Lücke entsteht.

Faszinierend ist auch, wie erstaunlich scharf manche dieser durch Mondresonanzen erzeugten Kanten sind: Cassinis Kamera fing Ringe ein, deren Ränder nach weniger als 100 Metern im Nichts enden – im Verhältnis zur enormen Größe des gewaltigen Hula-Hoop-Reifens aus Partikelströmen ist so eine Kante schärfer als jede irdische Rasierklinge.



Wellige Kante links der Encke-Teilung

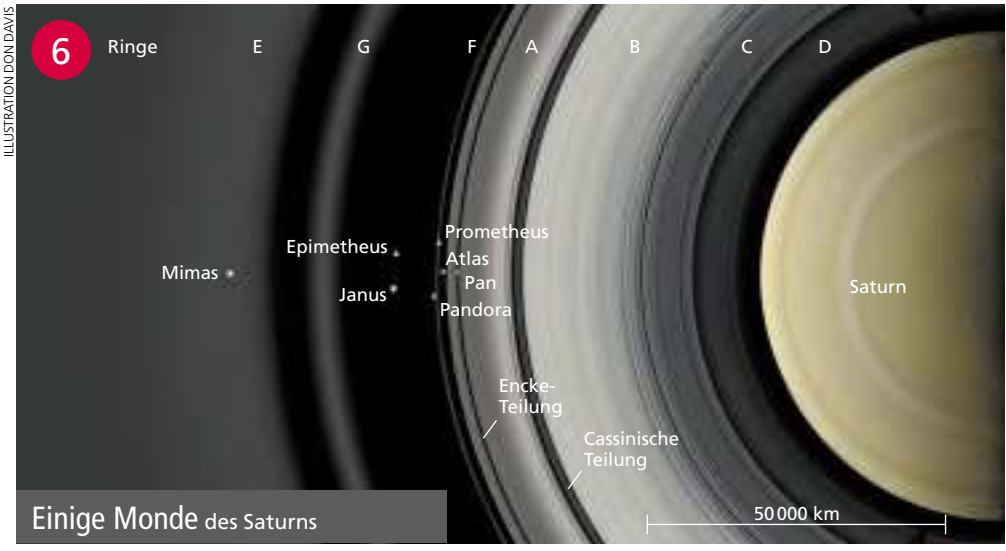


ILLUSTRATION DON DAVIS

Einige Monde des Saturns

»Viele der Phänomene, die wir sehen, haben mit Objektresonanzen zu tun«, sagt Burns. »Aber wir finden auch bemerkenswerte Strukturen, die leicht abseits der Resonanzzonen liegen. Wir werden das hoffentlich alles irgendwann verstehen.«

Unter bestimmten Umständen können Monde sogar Ringe einsperren, indem sie verhindern, dass diese sich ausbreiten und schließlich auflösen. Das bes-

te Beispiel dafür ist der F-Ring (Bild 7). Dieses dünne, zarte Band ist eingeklemmt zwischen den beiden kleinen Monden Prometheus und Pandora, die hier rechts unsichtbar innerhalb des Rahmens liegen. Wie Hirten ihre Schafherden halten die zwei Satelliten den Ring durch ihre Schwerkraft zusammen. Leider wissen die Forscher nicht genau, woraus Ring F eigentlich besteht. In Nahaufnahmen, wie unten (Bild 8), wirkt er schwadenhaft, fast zerfetzt. Wahrscheinlich ist das auf Störungen durch Prometheus zurückzuführen, der die Ringpartikel nach innen zieht.

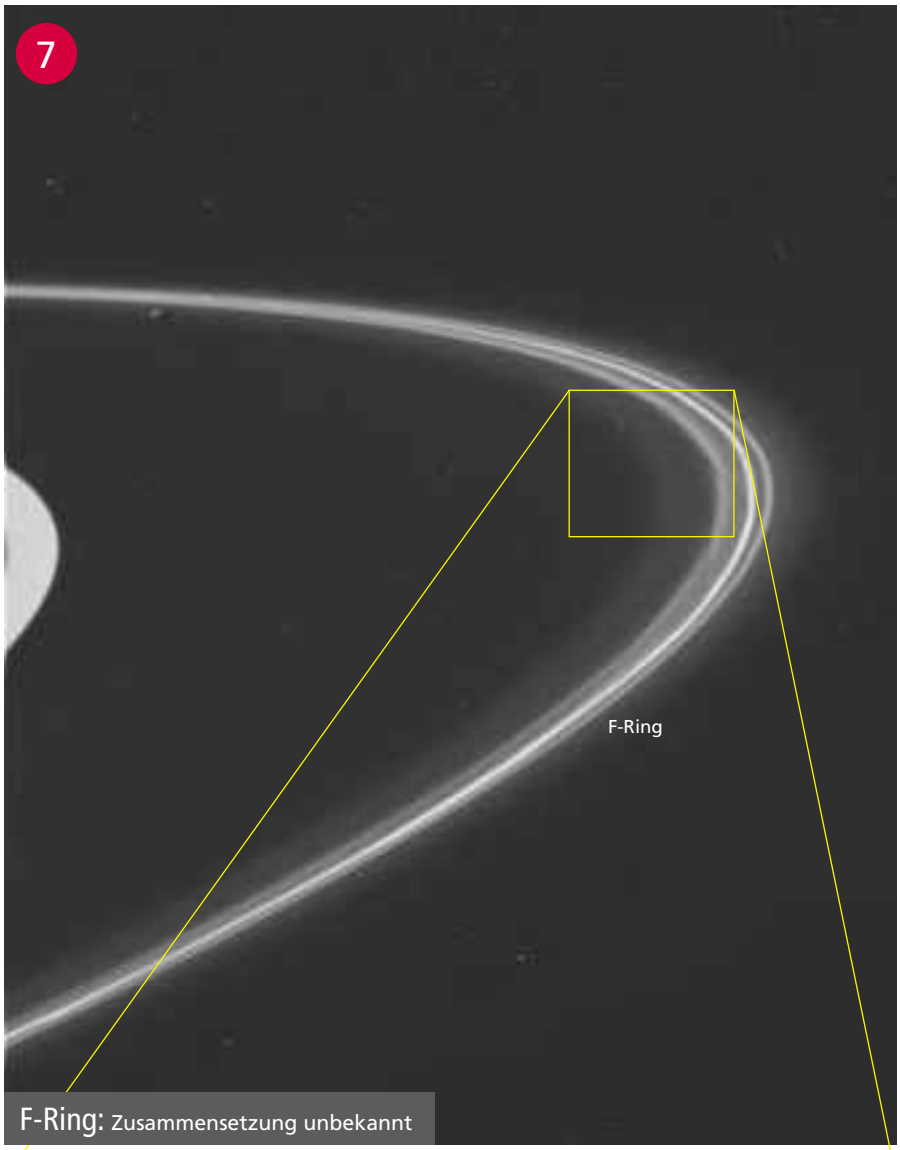
Theoretiker werden die Dynamik der Saturnringe künftig gründlich studieren. Noch aber weist ihr Wissen mindestens so viele Lücken auf wie das Ringsystem. Man kennt noch zu wenige Monde – und damit Bahnresonanzen –, um die unzähligen Ringbänder zu erklären. Fachleute können die Viskosität eines Rings berechnen, indem sie die Wellen darin messen und die Geschwindigkeit, mit der diese sich abschwächen. Mittels solcher Daten wollen sie Wellen zurückverfolgen, um noch unentdeckte Minimonde zu finden. Saturns Ringe gelten seit Jahrzehnten als Modell für protoplanetarische und galaktische Scheiben. Nun haben die Astronomen dank Cassinis beispiellosen Beobachtungen eine aussagekräftige Basis, auf der sie ihre Theorien testen können.

Zwei weitere Monde entdeckt

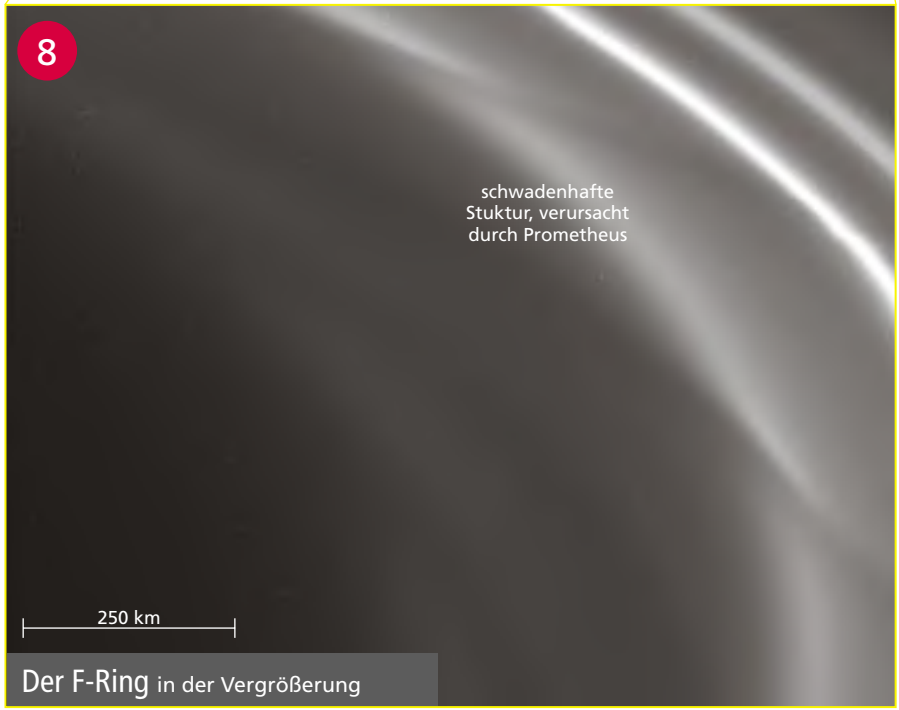
Es lohnt sich also, die Mission weiterzuverfolgen! Cassini ist ausgestattet mit elf Instrumenten, die alles am Saturn untersuchen: vom Wetter über seine Magnetosphäre bis hin zu Blitzerscheinungen an den Polen oder seinen Monden – Projekte der Huygens-Sonde noch gar nicht mitgezählt, die am 14. Januar in Titans Atmosphäre eintritt.

Kleinere Entdeckungen gibt es schon jetzt: Am 16. August wurden die ersten beiden Monde vorgestellt, die Cassini entdeckte. Sie besitzen Durchmesser von nur drei und vier Kilometern.

Das Warten scheint sich also in der Tat gelohnt zu haben – die Auswertung der Cassini-Daten wird viele Astronomen noch jahrelang in Atem halten. <<



F-Ring: Zusammensetzung unbekannt



Der F-Ring in der Vergrößerung

Sky & Telescope-Redakteur **David Tytell** gibt zu, dass ihn die Ringe des Saturns gepackt haben und er sich gerne vom Begeisterungssturm mitreißen lässt.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Wie spät? Das kommt auf die Uhr an. Prinzipiell eignet sich jedes periodische Ereignis als Taktgeber – daher gibt es mehrere Zeitsysteme.

AUF DIE SEKUNDE GENAU

Die genaue Uhrzeit zu bestimmen ist alles andere als einfach. Nur Atomuhren sind als Taktgeber hochpräzise – aber deren Zeit ist auf lange Sicht nicht alltagstauglich.

>> Stephen Koszudowski

Wie exakt geht Ihre Armbanduhr eigentlich? Zeigt Ihnen Ihr Handy die Tageszeit auf die Sekunde genau an? Wie viel Wert legen Sie auf zeitliche Präzision?

Die meisten von uns brauchen im Alltag sicherlich keine Hightech-Uhren. Wer zur Arbeit, zum Geschäftsessen oder ins Kino will, für den machen ein oder zwei Minuten plus oder minus kaum einen Unterschied. Doch gibt es durchaus Bereiche, in denen solche Zeitspannen über Wohl und Wehe entscheiden: Fluglotsen zum Beispiel könnten ihren Job nicht mehr erledigen, Computernetzwerke würden zusammenbrechen und Astronomen fänden etliche Objekte am Himmel nicht mehr, wenn sie nicht über eine sekundengenaue Zeitmessung verfügten.

Leider ist das gar nicht so einfach zu bewerkstelligen. Denn die Zeit ist nicht eindeutig: Fragt man einen Astronomen und einen Satellitentechniker nach der genauen Uhrzeit, werden sich ihre Antworten um 32 Sekunden unterscheiden – und beide haben Recht. Dieser zunächst paradox erscheinende Umstand rührt daher, dass die Astronomen ihre Zeit mit der Erdrotation messen, während Navigationssatelliten Atomuhren als Taktgeber verwenden. Weil die Rotation der Erde aber leicht unregelmäßig ist, laufen beide Zeitsysteme nicht synchron. Daher werden in die astronomische Zeit immer wieder Schaltsekunden eingefügt, zuletzt am 30. Juni 2004.

Und genau hier beginnt der Streit. Das Einfügen der Schaltsekunden ist bei vielen technischen Anwendungen derart kompliziert, dass schon überlegt wurde, ganz auf sie zu verzichten. William Klepczynski vom Global Timing Service, der unter anderem die US-Luftfahrtbehörde berät, warnt gar vor Flugkatastrophen, wenn die Schaltsekunden beibehalten werden: »Noch gab es keine Unfälle, aber das Potenzial ist vorhanden.« Der Astronom Steve Allen vom Lick-Observatorium in Kalifornien hegt dagegen die Befürchtung, dass »die Zeit an sich zweideutig wird«, wenn die Schaltsekunden wegfallen.

Nun hat die Internationale Union für Telekommunikation (ITU), die den Vereinten Nationen (UN) untersteht, die Experten in aller Welt um Lösungsvorschläge gebeten.

Jahre vergehen

Aber warum gibt es überhaupt unterschiedliche Zeitsysteme? Im Prinzip eignet sich jedes periodisch auftretende Ereignis als Taktgeber zur Zeitmessung. Die bekanntesten regelmäßigen Ereignisse sind wohl die wiederkehrenden Jahreszeiten, die Mondphasen und der Wechsel von Tag und Nacht. Daher war >

> die Zeitmessung lange den Astronomen vorbehalten.

Die Beobachtung der Sonne hatte ursprünglich ganz praktische Gründe. Für das Überleben war es notwendig, im Lauf eines Jahres den richtigen Moment für Saat und Ernte zu bestimmen. Die alten Ägypter wussten zum Beispiel, dass der Zeitpunkt des jährlichen Nilhochwassers dann gekommen war, wenn der Stern Sirius zum ersten Mal sichtbar in der Morgendämmerung aufging. Dieses Ereignis findet immer kurz nach einer Konjunktion von Sonne und Sirius statt – wenn sich also beide von der Erde aus gesehen auf einer Sichtlinie befinden. Zwischen zwei aufeinander folgenden Sonne-Sirius-Konjunktionen vergehen 365 Tage, sechs Stunden, neun Minuten und neun Sekunden. Diese Zeitspanne nennt man ein siderisches Jahr.

Das heute allgemein gebräuchliche Jahr, das so genannte tropische Jahr, ist mit 365,2422 Tagen jedoch rund zwanzig Minuten kürzer als das siderische. Es entspricht der Zeitspanne zwischen zwei Durchläufen der Sonne durch den Frühlingspunkt. In diesem fiktiven Punkt am Himmel schneiden sich die scheinbare Sonnenbahn – die Ekliptik – und der Himmelsäquator (siehe Grafik S. 37).

Taumelnd durchs All

Doch die Lage des Frühlingspunkts verändert sich im Lauf der Zeit. Der Grund liegt darin, dass die Erde torkelt: Ihre Rotationsachse dreht sich einmal in 25700 Jahren um eine gedachte Gerade, die durch den Erdmittelpunkt geht und senkrecht auf der Erdbahn steht (siehe S. 36). Wegen der Torkelbewegung unseres Planeten verschiebt sich der Frühlingspunkt jedes Jahr vor den Sternbildern, und zwar entgegen der Erdumlaufrichtung.

Will man das Jahr wiederum in kürzere Zeitabschnitte einteilen, erweisen sich die Mondphasen als hilfreich. Doch leider lässt sich die Dauer eines Jahrs nicht durch eine ganzzahlige Menge von Mondzyklen ausdrücken. Deshalb entstanden in manchen Hochkulturen wie in China oder der islamischen Welt Kalender, die entweder nur auf den Mondphasen basieren oder die Mond- und Sonnenjahr miteinander mischen.

Unsere Monatslänge geht zwar auf den Umlauf des Monds zurück, richtet sich heute aber nicht mehr danach. Je nach Bezugspunkt kann man zwei unterschiedliche Monatslängen definieren. Die Zeit, die der Mond braucht, um einmal einen vollen Umlauf um die Erde zu beschreiben, nennt man den siderischen Monat. Er hat eine Länge von 27,32 Tagen. Misst man allerdings die Zeit, die der Mond braucht, um wieder die gleiche Phase zu zeigen – zum Beispiel von Vollmond zu Vollmond –, dann erhält man den synodischen Monat. Er dauert etwa 29,5 Tage und ist damit länger als der siderische Monat. Weil sich die Erde im Lauf eines Monats auf ihrer Bahn um die Sonne ein Stück weiterbewegt, dauert es für den Mond länger, bis er wieder die gleiche Position zwischen Erde und Sonne einnimmt.

Woher weiß man aber, wie lang ein Tag ist? Die Tageslänge ist für Astronomen wichtig, da sie größere Zeitabstände mit Hilfe des julianischen Datums messen, das in Tagen angegeben wird.

Dieses julianische Datum entstand, als der Historiker Joseph Justus Scaliger eine eindeutige Zeitangabe ohne negative Jahreszahlen einführen wollte und deshalb im Jahr 1581 vorschlug, die Tage ab dem 1. Januar 4713 v. Chr. 12.00 Uhr mittags fortlaufend zu zählen. Dieses Datum ist der Startpunkt der aktuellen julianischen Periode. Eine julianische Periode dauert 7980 Jahre und ergibt sich aus der Kombination dreier Zyklen: des 28-jährigen Zyklus, nach dem im julianischen Kalender die Kalenderdaten wieder auf denselben Wochentagen liegen, des 19-jährigen metonischen Zyklus, in dem sich die Mondphasen an den Kalenderdaten wiederholen, und des 15-jährigen Indiktionszyklus, der im Römischen Reich zur Steuererhebung verwendet wurde. Immer wenn alle drei Zyklen gemeinsam einen neuen Durchlauf starten, beginnt eine neue julianische Periode. Das julianische >

ESA / J. HUART

Navigationssatelliten (hier: das geplante Galileo-System) verwenden als Taktgeber Atomuhren. Deren »Atomzeit« ist zwar hochpräzise, aber nicht exakt synchron mit der uns vertrauten Sonnenzeit.

GLOSSAR

Internationale Atomzeit: Mittelwert aus den Uhrzeiten von 200 weltweit verstreuten Atomuhren. Man verwendet deshalb einen Mittelwert, weil die Atomzeit von der Höhe über dem Meeresspiegel und der Geschwindigkeit der Uhr abhängt.
Julianisches Datum: Zeitangabe, bei der die Tage ab dem 1. Januar 4713 v. Chr. 12.00 Uhr mittags fortlaufend gezählt werden.
Koordinierte Weltzeit (UTC): auch »bürgerliche« Zeit genannt. Wurde 1975 eingeführt, um internationale Atomzeit und mittlere Sonnenzeit miteinander zu verknüpfen. Die UTC darf von der internationalen Atomzeit nur um eine ganze Zahl von Sekunden und von der mittleren Sonnenzeit maximal um 0,9 Sekunden abweichen.
Mittlere Sonnenzeit: Uhrzeit, die sich aus der mittleren Länge eines Sonnentags beziehungsweise Sonnenjahrs bestimmt. Die mittlere Sonnenzeit berücksichtigt nicht die jahreszeitlichen Schwankungen in der Länge der Sonnentage.

ANZEIGE

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Die Erdrotationsachse taumelt. Einmal in 25 700 Jahren dreht sie sich um eine gedachte Achse, die senkrecht auf der Erdbahn steht. Man nennt diesen Effekt Präzession.

> Datum ermöglicht die unkomplizierte Berechnung von Zeitdifferenzen, indem man einfach zwei Daten voneinander abzieht. So beträgt die Zeit zwischen dem zwölften April 1999, 18.00 Uhr (julianisches Datum 2 451 282,25) und dem 10. Januar 2001, 10.00 Uhr (julianisches Datum 2 451 919,92) genau 637,67 Tage.

So ein Tag …

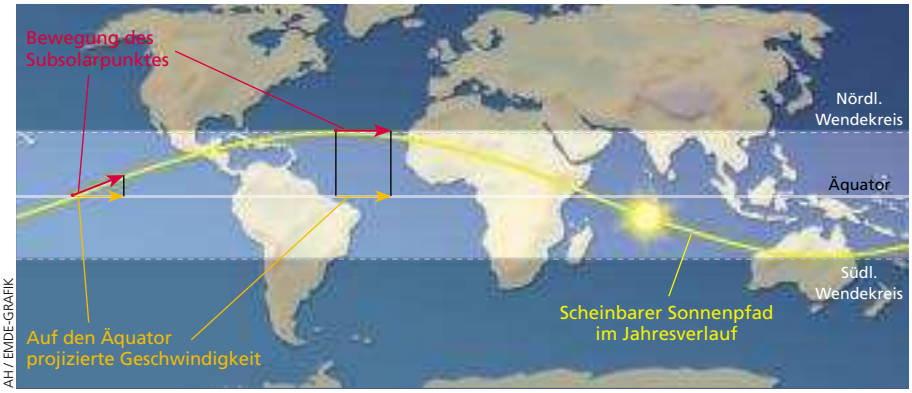
Um nun die Länge eines Tags festzulegen, können wir entweder die Sonne oder einen Fixstern als Bezugsobjekt wählen. Die Zeit, die zwischen zwei aufeinander folgenden Durchläufen des Bezugsobjekts durch einen bestimmten Punkt am Himmel vergeht, nennen wir einen Tag. Es ist geschickt, dabei jenen Punkt zu wählen, wo das Bezugsobjekt den an den Himmel projizierten Längengrad des Beobachters – den so genannten Meridian – schneidet. Ein Sterntag ist also die Zeit zwischen zwei Meridiandurchgängen eines Sterns. In Analogie dazu ist ein Sonnentag die Zeit zwischen zwei Meridiandurchgängen der Sonne.

Vergleichen wir Stern- und Sonnenzeit, stellen wir fest, dass ein Sonnentag etwa vier Minuten länger dauert als ein Sterntag. Der Grund ist folgender: Während sich die Erde einmal um sich selbst dreht, bewegt sie sich, bezogen auf die Sonne, ein merkliches Stück weiter. Deshalb steht die Sonne nach einer Erdrotation nicht mehr exakt an derselben Himmelsposition. Die Erde muss sich dann noch ein kleines Stückchen weiterdrehen, damit die Sonne wieder an die gleiche Stelle am Himmel rückt. Der Sonnentag ist also etwas länger als für eine vollständige Erddrehung erforderlich.

Noch komplizierter wird die Sache dadurch, dass unser Planet nicht gleichmäßig schnell um die Sonne läuft. Zum einen ist die Erdbahn elliptisch. Das hat zur Folge, dass die Erde verschiedene Abschnitte ihrer Bahn unterschiedlich schnell passiert – wie das zweite Kepler'sche Gesetz besagt.

Zum anderen hängt die Länge eines Sonnentags von der auf den Äquator projizierten scheinbaren Geschwindigkeit der Sonne ab. Diese ändert sich im Jahresverlauf: Trägt man jeweils nach Ablauf eines Sterntags den Punkt auf der Erdoberfläche auf, über dem die Sonne im Zenit steht (den »Subsolarpunkt«), ergibt sich ein Pfad wie in der Grafik unten links. An dem Pfad ist erkennbar, dass die scheinbare Geschwindigkeit der Sonne, bezogen auf den Äquator (also in Ost-West-Richtung), nicht immer gleich ist: Im Frühjahr und Herbst kreuzt die Sonne den Äquator und ihre Geschwindigkeit in Ost-West-Richtung ist etwas geringer. Im Sommer und Winter hingegen streift sie den nördlichen beziehungsweise südlichen Wendekreis und ihre Geschwindigkeit in Ost-West-Richtung ist etwas höher. Dieser Effekt beeinflusst (geringfügig) die Länge eines Sonnentags.

Weil es ziemlich aufwändig ist, jede dieser jahreszeitlichen Schwankungen



AH / EMDE-GRAFIK

Die scheinbare Geschwindigkeit der Sonne ist, bezogen auf den Äquator, im Verlauf eines Jahrs nicht immer gleich groß.

Der Frühlingspunkt ist der Punkt am Himmel, auf dem sich die Sonne zur Tag-und-Nacht-Gleiche im Frühling befindet – das ist etwa am 21. März. Im Frühlingspunkt schneiden sich Himmelsäquator und Ekliptik.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

einzeln zu korrigieren, hat man die mittlere Sonnenzeit eingeführt. Dabei geht man vereinfachend davon aus, dass sich die Sonne während eines tropischen Jahres mit gleichmäßiger Geschwindigkeit entlang dem Äquator bewegt.

Angesichts der vielen verschiedenen Möglichkeiten, wie man Uhrzeit definieren kann, musste eine einheitliche Regelung her. Deshalb wurde 1926 die Weltzeit (Universal Time = UT) eingeführt. Sie wird aus der Sternzeit abgeleitet. Dies geschieht mit einer komplizierten Formel, die die zahlreichen Korrekturterme für die Erdbewegung um die Sonne enthält.

Von der Weltzeit gibt es nun verschiedene Varianten. Die Weltzeit null (UT 0) ist die aus der direkten Beobachtung gewonnene und nach der erwähnten Formel umgerechnete Sternzeit, bezogen auf den Nullmeridian.

Der Weltzeiten sind viele

Die Weltzeit eins (UT 1) ergibt sich indes aus der zusätzlichen Berücksichtigung der Polschwankungen der Erde. Diese Schwankungen entstehen dadurch, dass sich der Durchstoßpunkt der Erdrotationsachse durch die Erdoberfläche infolge jahreszeitlich bedingter Massewanderungen auf der Erdoberfläche und anderer Effekte verlagert. Das bewirkt eine Variation der Differenz der geografischen Längen zum Nullmeridian. Doch selbst die Weltzeit eins läuft ungleichförmig, weil die Rotationsgeschwindigkeit der Erde variiert. Korrigiert man die UT 1 um die stärksten Schwankungen der Rotationszeit (maximal 30 Millisekunden), so erhält man Weltzeit zwei (UT 2) – die gleichförmigste Zeitskala, die sich aus der Erdrotation bestimmen lässt.

Leider sind die Sekunden in der Stern- und der Sonnenzeit unterschiedlich lang. Da die Sekunde aber eine der sieben Basiseinheiten des wissenschaftlichen Einheitensystems darstellt, muss ihre Länge eindeutig festgelegt sein. Bis 1956 wurde die Sekunde als der 86 400ste Teil eines mittleren Sonnentags angegeben. Dies ist aber wegen einiger Effekte wie der Torkelbewegung unseres Planeten, der Abbremsung der Erde und zufälliger Schwankungen der Erdrotationsgeschwindigkeit keine gute Definition.

Daher führte man 1956 die so genannte Ephemeridenzeit ein, die sich auf den Umlauf der Erde um die Sonne gegen den Fixsternhimmel bezieht. Dabei wurde die Sekunde als der 31 556 925,974te Teil des tropischen Jahrs 1900 mit Beginn am 31. Dezember 1899 12.00 Uhr mittags definiert. Diese Zeit ist aber für praktische Messzwecke denkbar schlecht geeignet und mit einer Genauigkeit von 3×10^{-9} Sekunden überdies nicht exakt genug. Daher ließ man 1967 den Bezug auf kosmische Objekte fallen und definierte die Sekunde mit Hilfe von Atomuhren. Sie bieten eine wesentlich genauere und leichter zugängliche Zeitmessung. Die Sekunde wurde nun als die Zeit definiert, während der ein Cäsium-133-Isotop 9 192 631 770-mal schwingt.

Mit einer Genauigkeit von 2×10^{-15} Sekunden ist die Atomzeit sehr präzise – innerhalb von 15 Milliarden Jahren geht sie nur um eine Sekunde falsch –, doch hängt sie nach Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie von der Höhe über dem >

Sternzeit und Rektaszension

Welcher der vielen Sterne wird herangezogen, um die Länge eines Sterntags, also die Sternzeit zu messen? Man hat sich darauf geeinigt, den Meridiandurchgang des Frühlingspunkts mit 0.00 Uhr Sternzeit zu bezeichnen. Dabei bezieht man sich auf den Meridian von Greenwich in London. Weil dieser auch im irdischen Koordinatensystem der Nullmeridian ist, heißt die weltweite Sternzeit auch Greenwich Mean Siderial Time (GMST oder Mittlere Sternzeit von Greenwich). Die lokale Sternzeit erhält man, indem man die eigene geografische Länge in Stunden umrechnet – dabei entsprechen 15 Grad einer Stunde – und zur GMST hinzuzählt.

Mit Hilfe der lokalen Sternzeit lässt sich jedes Objekt am Firmament einfach finden. Die Längenkreise aller Sterne und der Meridian schneiden sich in den Himmelspolen. Da die Astronomen eine volle 360-Grad-Drehung der Erde in 24 Stunden unterteilt haben, nennen sie den Winkel zwischen dem Meridian und Längenkreis eines Sterns auch Stundenwinkel. Den Winkel zwischen dem Längenkreis des Frühlingspunkts und dem Längenkreis des Sterns nennen sie Rektaszension. Die Position eines Sterns, bezogen auf den lokalen Meridian, ergibt sich, indem man die lokale Sternzeit zur Rektaszension des entsprechenden Sterns addiert.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT

Alt und Neu Die gute alte Sonnenuhr (links) entspricht wohl am ehesten unserem Biorhytmus. Hielten wir uns dagegen streng an Atomuhren (oben), verschöbe sich langfristig gesehen unser Tagesablauf erheblich.

> Meeresspiegel und von der Geschwindigkeit der Uhr ab. Daher berechnet man die internationale Atomzeit (Temps Atomique International) als Mittelwert aus den Zeiten von 200 weltweit verstreuten Atomuhren.

Und hier ergibt sich nun das eingangs erwähnte Problem mit den Schaltsekunden. Die 1975 eingeführte Koordinierte Weltzeit UTC, unsere so genannte »bürgerliche Zeit«, sollte die Atomzeit mit der mittleren Sonnenzeit verknüpfen. In Deutschland sendet die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig das Zeitsignal der koordinierten Weltzeit an alle Funkuhren und taktet auf diese Weise unseren täglichen Lebensrhythmus. Der Nullpunkt der Koordinierten Weltzeit ist der erste Januar 1958 null Uhr, und sie muss zwei Regeln genügen: Erstens darf sie von der Internationalen Atomzeit nur um eine ganze Zahl von Sekunden abweichen und sich zweitens nie um mehr als 0,9 Sekunden von der mittleren Sonnenzeit unterscheiden. Daher war es schon bei ihrer Einführung erforderlich, 15 Schaltsekunden hinzuzufügen.

Auch heute noch muss wegen der Unregelmäßigkeit der Erdrotation ab und an eine Schaltsekunde eingefügt oder abgezogen werden, üblicherweise am 1. Januar oder 1. Juni. Bis heute ergibt das eine Differenz von insgesamt 32 Sekunden.

Atomzeit, Weltzeit, Sonnenzeit – wonach sollen wir uns richten?

Für viele Anwendungen ist dies problematisch. GPS-Satelliten zum Beispiel sind technisch nicht in der Lage, Schaltsekunden einzufügen. Daher soll die Internationale Union für Telekommunikation entscheiden, ob die Koordinierte Weltzeit wieder mit der Internationalen Atomzeit synchronisiert und die Zeitmessung damit von der Erdrotation unabhängig wird. Glaubt man dem Luftfahrtberater William Klepczynski, ist das der einzige Weg, um bevorstehende Flugkatastrophen zu verhindern. Die sekundenstarke Lücke zwischen der atomuhrgetakteten Zeit der Navigationssatelliten und der von Fluglotsen und Piloten benutzten Koordinierten Weltzeit könnte empfindliche Flugnavigationssysteme verwirren. Würde man die beiden Zeiten aber in Einklang bringen, so bedeutete das sehr hohe Kosten für die Astronomen. Patrick Wallace vom Rutherford Appleton Laboratory in Oxford (Großbritannien) befürchtet zum Beispiel, dass Teleskope schon nach wenigen Jahren einige Sterne nicht mehr richtig finden würden. Steve Allen schätzt, dass man bei einer Entkopplung der Koordinierten Weltzeit von der Erdrotation mehrere 10 000 Euro pro Teleskop aufbringen müsste, um die Teleskopsteuerung zu korrigieren.

Auf lange Sicht würde sogar der Tag zur Nacht werden, weil sich die Internationale Atomzeit immer weiter von der mittleren Sonnenzeit entfernt. Richteten sich unsere Nachfahren streng nach der Atomzeit, dann könnten sie in 20 000 Jahren durchaus in die Verlegenheit kommen, ihr Mittagessen in der Abenddämmerung einnehmen zu müssen.

Ob die Koordinierte Weltzeit von der Erdrotation entkoppelt wird, ob man also die Schaltsekunden abschafft, wird erst auf der ITU-Konferenz im Jahr 2006 entschieden. Doch wie auch immer der Beschluss ausfallen wird: Im Alltag dürfte den meisten Menschen auch weiterhin die gute alte Armbanduhr genügen – selbst wenn diese ein paar Minuten vor- oder nachgeht. <<

Stephen Koszudowski arbeitet als Wissenschaftsjournalist und freier Autor in Heidelberg.

BROWN U. / NASA NORTHEAST REGIONAL PLANETARY DATA CENTER

Die »Hauptreihe« der Mondkrater

Die meisten der Mondkrater jüngeren Datums kann man in drei Klassen einteilen.

>> Charles A. Wood

Mondkrater Triesnecker in Nahaufnahme: Deutlich zu sehen ist sein nicht ganz kreisförmiger Umriss und der unebene Kraterboden. Das Foto stammt von der Mondsonde Lunar Orbiter IV.

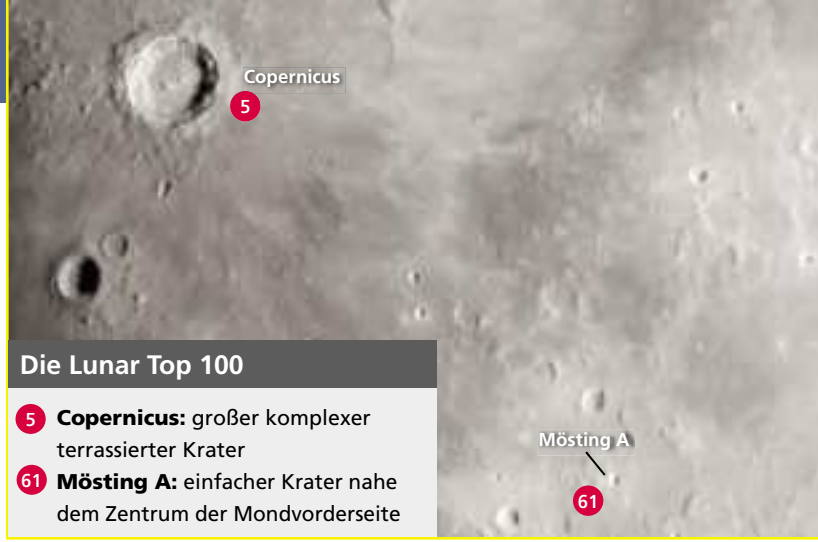
Betrachtet man den Mond durch ein Fernrohr, so blickt man auf eine mit Kratern übersäte Landschaft. Auch die Oberflächen der anderen festen Körper im Sonnensystem sind mehr oder weniger pockennarbig, denn gewaltige Einschläge fanden in der Vergangenheit überall im Planetensystem statt. Die meisten Krater ähneln sich, doch schaut man genauer hin, so erkennt man auf den verschiedenen Himmelskörpern typische Unterschiede in der Morphologie dieser Strukturen. Form und Größe hängen dabei zwar auch von der Schwerkraft, der Oberflächenzusammensetzung und der Existenz einer Atmosphäre auf diesem ab, doch sind diese nur nebensächlich. Das Aussehen eines Kraters wird hauptsächlich von zwei Dingen bestimmt: dem Grad seiner Erhaltung und der Wucht des Einschlagkörpers.

In einem späteren Artikel werde ich auf die Prozesse, die bei der Erosion von Kratern eine Rolle spielen, noch genauer eingehen. Für heute wollen wir diese erst einmal außer Acht lassen und die Krater betrachten, wie sie kurz nach ihrer Entstehung aussahen.

BRUNO DAVERSIN

Der Krater Copernicus mit seinen Terrassenhängen ist sehr gut erhalten, da er mit einem Alter von einer Milliarde Jahren, gemessen am Mondalter, noch relativ jung ist.

U. ARIZONA, LUNAR AND PLANETARY LABORATORY



GARY SERONIK

Die Lunar Top 100

- 5 **Copernicus:** großer komplexer terrassierter Krater
- 61 **Mösting A:** einfacher Krater nahe dem Zentrum der Mondvorderseite

Mösting A (gelber Pfeil) ist ein einfacher Krater und sitzt am westlichen Rand des älteren und verfallenen Kraters Flammarion. Der viel größere Copernicus gehört zum Typus komplexer Krater.

Schlägt ein Asteroid oder Komet auf dem Mond ein, setzt er riesige Mengen kinetischer Energie aus seiner Bewegung frei. Dadurch werden die Gesteinsschichten am Einschlagort zusammengepresst, zertrümmert, geschmolzen und ein Teil des Materials sogar aus dem Krater herausgeschleudert. Untersucht man Einschlagmale verschiedener Größe, erkennt man, wie sich ihr Aussehen in Abhängigkeit von der Einschlagenergie unterscheidet.

Ist die Energie eines auf die Mondoberfläche auftreffenden Trumms nur gering, entsteht eine einfache, schüsselförmige Mulde. Der 13 Kilometer große und 2,7 Kilometer tiefe Krater Mösting A (L61 in der Liste der Lunar Top 100) ist ein typisches Beispiel dafür (siehe ASTRONOMIE HEUTE 7-8/2004, S. 54). Er ist kreisrund, seine Innenwände sind hell und der Schatten, der auf seinen Boden fällt, hat die Form einer Parabel. Es gibt Tausende von Einschlagkratern, die kleiner als 15 Kilometer sind und die gleiche Grundform aufweisen.

Meteoriteneinschläge mit höherer Energie erzeugen größere und komplexere Formen. Ein gutes Beispiel ist Triesnecker: Er ist 2,7 Kilometer tief, besitzt einen Durchmesser von 26 Kilometern und einen nicht ganz kreisförmigen Umriss. In seinem Innern finden sich Anhäufungen von Material, das von den Wänden abgerutscht ist. Ein Teil des Kraterbodens ist glatt, es gibt aber auch mehrere Erhebungen in Form von so genannten Zentralbergen. Obwohl Triesnecker doppelt so groß ist wie Mösting A, haben beide Krater die gleiche Tiefe. Fast alle frischen Mondkrater zwischen 15 und 50 Kilometer Durchmesser sind vom Typ Triesnecker. Man bezeichnet sie gemeinhin als komplexe Krater mit abgerutschten Hängen. Auf der erdzugewandten Mondseite gibt es etwa achtzig davon, wie etwa Lalande, Agrippa und Godin.

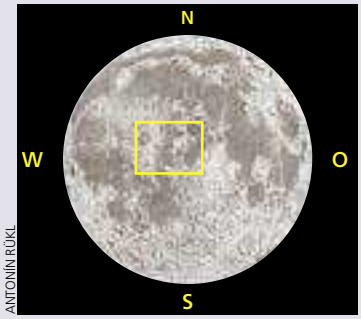
Bei noch größeren Einschlagenergien entstehen ganz andere Formen: Krater mit mehr als fünfzig Kilometer Durchmesser sehen meist ein wenig unregelmäßig aus, so zum Beispiel Copernicus (L5) mit einem Durchmesser von 93 Kilometern. An seinen Kraterwällen sind nicht nur einzelne Stellen abgerutscht, sondern komplexe Krater wie Copernicus besitzen treppenförmige Terrassen, die vom oberen Kraterrand bis zum Boden reichen und lange konzentrische Bögen bilden. Krater dieser Größe haben einen weiten, flachen Grund und meist hohe, massive Zentralberge. Jene von Copernicus sind allerdings nicht so hoch. Theophilus oder Tycho sind hier viel repräsentativer. Im Deutschen werden solche komplexen Terrassenkrater auch oft als Ringgebirge bezeichnet.

Wenn Sie das nächste Mal in Ihrem Teleskop den Mond einstellen, achten Sie einmal darauf. Die meisten neueren Krater gehören zu einer jener drei Kategorien: einfache Krater, komplexe mit Hangabrutsch oder komplexe terrassierte Krater.

Die größenabhängige Verteilung dieser drei Typen ist so auffällig, dass die Geologen Don Wilhelms und Jack McCauley vom US Geological Survey sie 1971 als »Hauptreihe« der Mondkrater bezeichneten – in Anlehnung an das bekannte Hertzsprung-Russell-Diagramm, bei dem die massereicheren Sterne heißer und heller sind als die masseärmeren.

Genauere Untersuchungen erklären den Zusammenhang zwischen Einschlagenergie und Kratermorphologie: Einfache Krater entstehen beim Auswurf des Gesteins infolge explosiver Dekompression, also dem Rückschlag der Schockwelle, die der Aufprall auf der Mondoberfläche hervorruft. Komplexe Krater sind die Folge von Einschlägen mit höherer Energie (auf Grund größerer Masse oder höherer Geschwindigkeit des Projektils). Die Wälle dieser urplötzlich entstandenen Hohlräume kollabieren nach innen und erzeugen einzelne Hangabrutsche oder größere Terrassen. Die Zentralberge im Kraterinnern bilden sich dagegen erst beim Zurückfedern des komprimierten Grundgesteins. Der Kraterboden wird durch das zurückfallende pulverisierte Auswurfmaterial und von dem beim Einschlag geschmolzenen Gestein ganz glatt. Übrig bleibt eine Trichterform, die auf dem Mond Milliarden von Jahren überdauert. <<

Die Krater der Hauptreihe (Bild oben rechts)



ANTONIN RÜKL

Günstige Beobachtungszeiten:
Triesnecker: 18.12., 2.1., 17.1., 1.2.
Mösting A: 19.12, 3.1., 18.1., 2.2.
Copernicus: 20.12., 4.1., 19.1., 3.2.

Charles A. Wood ist Planetenwissenschaftler und begeisterter Mondbeobachter. Auf seiner Website www.lpod.org/ stellt er jeden Tag ein neues Highlight unseres Trabanten vor.

Aus eins mach zwei

Lassen Sie sich in kalten Winternächten von den farbenfrohen Strahlen ferner Zwillingssonnen wärmen, die Ihnen ohne Hilfsmittel als Einzelstern erscheinen. **>> Alan Adler**

Doppelsterne zu beobachten ist beileibe nicht nur etwas für den fortgeschrittenen Amateur, auch wenn es von manchen als »Anfängerdisziplin« verspottet wird, denn dem Einsteiger wird es verhältnismäßig leicht gemacht: Lichtverschmutzung, ob nun durch Menschen oder durch den Mond verursacht, kann das Bild nur wenig beeinträchtigen und schon mit einem Dreizöller kann man jeden der schönsten Doppelsterne am Himmel sehen. Eine hübsche Zwillingssonne, betrachtet durch ein kleines Teleskop, ist weit mehr nach meinem Geschmack als ein verwaschener Galaxienfleck in einer »Lichtsammel-Tonne«.

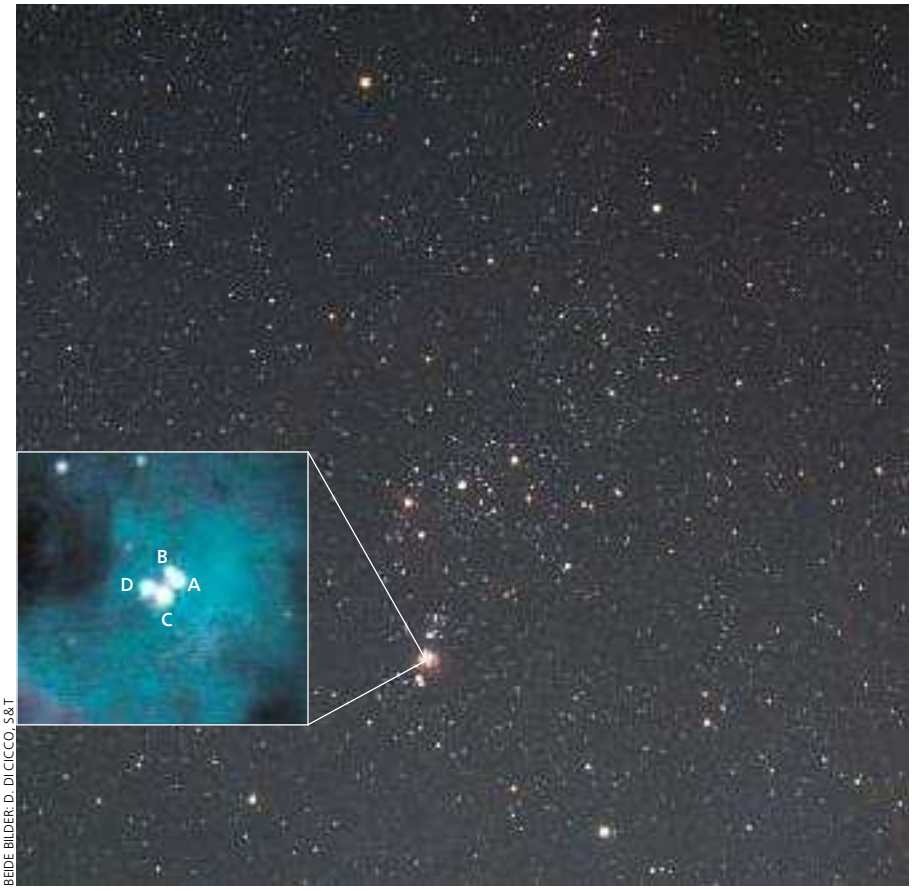
Viele Amateure machen sich einen Sport daraus, schwierige, eng beieinander stehende Paare aufzulösen. Manchmal tue ich das auch. Doch meistens genieße ich einfach die Schönheit der leicht zu beobachtenden Doppelsterne. Ganz oben auf meiner Liste stehen solche mit unterschiedlichen Farben (siehe »Einsteigerecke«, S. 70).

Bei Paaren gleicher Farbe sind diejenigen am schönsten, deren Komponenten in etwa gleiche Helligkeit besitzen. Sterne mit starkem Helligkeitsunterschied machen einfach nicht den gleichen Eindruck wie ein Paar von »eineiigen Zwillingen« im Okular. Kastor im Sternbild Zwillinge (nomen est omen!) ist ein besonders schönes Winterbeispiel aus dieser Kategorie (siehe auch S. 45).

Die beigefügte Liste ist Teil 2 meiner Sammlung der schönsten Doppel- und Mehrfachsterne, die an Winterabenden auf der Nordhalbkugel zu sehen sind. Teil 1 mit den Sommersonnen erschien in AH Juli-August 2004, S. 42. Zu den üblichen Literaturangaben enthält meine Liste außerdem die »Farbdifferenz« und die »optimale Vergrößerung«. Ersteres ist die Anzahl der Buchstaben zwischen den Sternen auf der OBAFGKM-Klassifikation der Spektraltypen. Beispielsweise sind die Komponenten von Almach (Gamma Andromedae, RA $2^h03{,}9^m$) vom Spektraltyp B (bläulich weiß) und K (orangefarben), daher ist die Farbdifferenz vier.

Ich finde, dass Doppelsterne am besten wirken, wenn die Vergrößerung ungefähr 750 geteilt durch ihren Abstand in Bogensekunden beträgt. Zum Beispiel sind Eta Cassiopeiaes Komponenten 12,5 Bogensekunden getrennt, die optimale Vergrößerung ist demnach 750 / 12,5 oder 60fach. Da das menschliche Auge ohne Hilfsmittel Doppelsterne bis zu einem Abstand von 300 Bogensekunden getrennt wahrnehmen kann, beträgt die mindestens erforderliche Vergrößerung etwa 24fach (300 / 12,5). Die optimale Vergrößerung liegt bei einigen Sternen im Bereich, der Ihnen bereits mit Feldstechern zugänglich ist.

Turbulenzen in der Atmosphäre werden die Auflösungsfähigkeit Ihres Instruments herabsetzen – heben Sie sich die engsten Paare für Nächte mit »gutem Seeing« auf. <<



BEIDE BILDER: D. DI CICCO, S&T

Inbegriff des Winterhimmels

Orion beherbergt viele schöne Doppelsterne und einige Mehrfachsysteme wie das »Trapez« (Ausschnitt) im Herzen des Orionnebels.

Alan Adler ist ein eifriger Doppelsternbeobachter und hat es als Erfinder schon auf 70 Patente gebracht. Er beobachtet von Palo Alto, Kalifornien, aus.

Stern (Bayer-Bezeichnung)	Rektaszens.	Deklination	scheinb. Helligk. (Größe)	Abst. (Bogensek.)	Pos.-W. (Grad)	Farbunt.	optim. Vergr.
Eta Cassiopeiae (η Cas)	$0^h\ 49{,}1^m$	+57° 49′	3,5 7,2	12,9″	317°	2	58×
36 Andromedae (36 And)	$0^h\ 55{,}0^m$	+23° 38′	5,5 5,9	1,0″	315°	1	750×
Psi Piscium (ψ Psc)	$1^h\ 05{,}7^m$	+21° 28′	5,3 5,6	29,8″	159°	0	25×
Zeta Piscium (ζ Psc)	$1^h\ 13{,}7^m$	+7° 35′	5,2 6,4	23,2″	63°	1	32×
Chi Ceti (χ Cet)	$1^h\ 49{,}6^m$	–10° 41′	4,7 6,7	184,0″	250°	1	4×
1 Arietis (1 Ari)	$1^h\ 50{,}1^m$	+22° 17′	5,8 6,6	2,8″	165°	3	268×
Gamma Arietis (γ Ari)	$1^h\ 53{,}5^m$	+19° 18′	3,9 3,9	7,7″	360°	0	97×
56 Andromedae (56 And)	$1^h\ 56{,}2^m$	+37° 15′	5,7 5,9	199,5″	298°	0	4×
Lambda Arietis (λ Ari)	$1^h\ 57{,}9^m$	+23° 36′	4,8 6,7	37,8″	47°	1	20×
Alpha Piscium (α Psc)	$2^h\ 02{,}0^m$	+2° 46′	3,8 4,9	1,8″	271°	0	417×
Gamma Andromedae (γ And)	$2^h\ 03{,}9^m$	+42° 20′	2,1 4,8	9,8″	64°	4	77×
Iota Cassiopeiae (ι Cas)	$2^h\ 29{,}1^m$	+67° 24′	4,5 6,9	2,5″	230°	0	300×
Epsilon Arietis (ε Ari)	$2^h\ 59{,}2^m$	+21° 20′	4,6 5,0	1,4″	209°	0	536×
11-12 Camelopardalis (11-12 Cam)	$5^h\ 06{,}1^m$	+58° 58′	5,2 6,1	178,7″	9°	4	4×
Beta Orionis (β Ori, »Rigel«)	$5^h\ 14{,}5^m$	–8° 12′	0,1 6,8	9,1″	203°	0	82×
22 Orionis (22 Ori)	$5^h\ 21{,}8^m$	–0° 23′	4,7 5,7	242,0″	225°	0	3×
Eta Orionis (η Ori)	$5^h\ 24{,}5^m$	–2° 24′	3,4 4,7	1,7″	77°	0	441×
32 Orionis (32 Ori)	$5^h\ 30{,}8^m$	+5° 57′	4,2 5,6	1,1″	46°	0	682×
Delta Orionis (δ Ori, »Mintaka«)	$5^h\ 32{,}0^m$	–0° 18′	2,2 6,8	53,2″	0°	1	14×
Lambda Orionis (λ Ori)	$5^h\ 35{,}1^m$	+9° 56′	3,6 5,4	4,3″	44°	0	174×
Sigma 747 (Σ 747)	$5^h\ 35{,}0^m$	–6° 00′	4,8 5,7	35,8″	224°	0	21×
Theta Orionis (θ Ori, »Trapez«)	$5^h\ 35{,}3^m$	–5° 23′	A-B: 5,0 7,9 A-C: 5,0 5,1 A-D: 5,0 6,7	9,0″ 12,9″ 21,4″	32° 132° 96°	0 0 0	83× 58× 35×
42-45 Orionis (42-45 Ori)	$5^h\ 35{,}4^m$	–4° 50′	4,6 5,2	252,0″	100°	0	3×
Iota Orionis (ι Ori)	$5^h\ 35{,}4^m$	–5° 54′	2,9 7,0	10,9″	142°	0	69×
Sigma Orionis (σ Ori)	$5^h\ 38{,}7^m$	–2° 36′	AB-C: 3,7 8,8 AB-D: 3,7 6,7 AB-E: 3,7 6,3	11,4″ 13,0″ 41,6″	238° 84° 61°	0 0 0	66× 58× 18×
Zeta Orionis (ζ Ori, »Alnitak«)	$5^h\ 40{,}8^m$	–1° 57′	1,7 3,9	2,3″	165°	0	326×
Gamma Leporis (γ Lep)	$5^h\ 44{,}5^m$	–22° 27′	3,6 6,3	97,0″	350°	1	8×
52 Orionis (52 Ori)	$5^h\ 48{,}0^m$	+6° 27′	5,3 5,3	1,2″	218°	0	625×
Beta Monocerotis (β Mon)	$6^h\ 28{,}8^m$	–7° 02′	4,2 5,2 / 5,2 6,2	7,2″ / 2,9″	133° / 108°	0 / 0	104× / 259×
12 Lyncis (12 Lyn)	$6^h\ 46{,}2^m$	+59° 27′	5,4 6,0 / 5,4 7,3	1,7″ / 8,9″	68° / 310°	0 / 0	441× / 84×
My Canis Maioris (μ CMa)	$6^h\ 56{,}1^m$	–14° 03′	5,0 7,0	2,8″	343°	2	268×
145 Canis Maioris (145 CMa)	$7^h\ 16{,}6^m$	–23° 19′	4,8 6,0	26,8″	52°	2	28×
Ny Puppis (ν Pup)	$7^h\ 18{,}3^m$	–36° 44′	4,7 5,1	240,0″	98°	0	3×
19 Lyncis	$7^h\ 22{,}9^m$	+55° 17′	5,8 6,9	14,8″	315°	0	51×
Eta Puppis (η Pup)	$7^h\ 34{,}3^m$	–23° 28′	5,1 5,1	9,8″	117°	0	77×
Alpha Geminorum (α Gem, »Kastor«)	$7^h\ 34{,}6^m$	+31° 53′	1,6 2,6	3,9″	64°	0	192×
Kappa Puppis (κ Pup)	$7^h\ 38{,}8^m$	–26° 48′	3,8 4,0	9,9″	318°	0	76×
Zeta Cancri (ζ Cnc)	$8^h\ 12{,}2^m$	+17° 39′	5,6 6,0 / 5,6 6,3	0,9″ / 6,4″	80° / 77°	0 / 0	833× / 117×
Theta-2 Cancri (θ^2 Cnc)	$8^h\ 26{,}8^m$	+26° 56′	6,4 6,4	5,0″	217°	0	150×
Iota Cancri (ι Cnc)	$8^h\ 46{,}7^m$	+28° 46′	4,0 6,6	30,6″	307°	2	25×
57 Cancri (57 Cnc)	$8^h\ 54{,}2^m$	+30° 35′	5,4 5,6	1,5″	312°	0	500×
38 Lyncis (38 Lyn)	$9^h\ 18{,}8^m$	+36° 48′	3,8 6,2	2,6″	227°	2	288×

Doppelter Spaßfaktor

In den Zwillingen finden Sie mindestens zweimal so viele Doppelsterne und Deep-Sky-Objekte wie anderswo.

>> Sue French

AKIRA FUJII

Das Gesprenkel von M35 ist links der Bildmitte zu sehen. Das Gesichtsfeld von fast drei Grad entspricht dem eines zwanzigfach vergrößernden Sucherfernrohrs.

Das Sternbild Zwillinge (»Gemini«, Gem) finden Sie auf der Sternkarte für diesen Monat hoch im Süden. Seine hellsten Sterne, die beinahe im Zenit stehen, tragen die Namen der mythologischen Brüder Kastor und Pollux. Der Stern Kastor (Alpha Gemini, α Gem, 1,6te Größe) kennzeichnet den Kopf des gleichnamigen Zwillingsbruders, Pollux (Beta Gemini, β Gem, 1,2te Größe) den des anderen. Das Sternbild beherbergt einen der schönsten offenen Sternhaufen, die spektakulärsten Planetarischen Nebel und die faszinierendsten Mehrfachsysteme des Nordhimmels.

Wir beginnen mit dem wundervollen offenen Sternhaufen M35. Er glitzert an Kastors nördlichem »Schuh« zwischen und über Eta (η) und Eins Geminorum (1 Gem). In klaren, dunklen Nächten ist der Sternhaufen mit bloßem Auge neben dem 5,8te-Größe-Stern Fünf Geminorum sichtbar (im Foto links). Mit einem kleinen Fernrohr kann man ihn deutlich als Nebelfleck erkennen. Wenn ich ihn mit einem 7 × 50-Feldstecher beobachte, ist er teilweise in mäßig helle Sterne aufgelöst und ziemlich eindrucksvoll.

Mit meinen 4,1-Zoll-Refraktor (105 Millimeter) erweist sich M35 bei 47facher Vergrößerung als auffälliger Haufen mit über hundert Sternen, die in einem Gebiet der Größe des Vollmonds liegen. In einer nahezu rechteckigen Sterngruppe, die sich über zwanzig mal fünfundzwanzig Bogenminuten von Nordwesten nach Südosten ausdehnt, bemerke ich einen Kern, der aus siebzig Sternen besteht. Der helle Stern an der nordöstlichen Seite hat eine deutlich goldene Färbung und ist die Primärkomponente des Doppelsterns Omega-Sigma-134 (OΣ 134). Sein bläulicher Begleiter steht südlich von ihm.

Rechts neben M35 ist der offene Sternhaufen NGC 2158 als kleiner verschwommene Fleck zu erkennen. Bei 127facher Vergrößerung sehe ich viele extrem schwache Lichtpunkte vor einem nebelhaften unaufgelösten Hintergrund mit einem Durchmesser von vier Bogenminuten. Der hellste Stern befindet sich an seinem südöstlichen Rand. Der Haufen würde noch viel eindrucksvoller aussehen, wenn er nicht eine Entfernung von 12000 Lichtjahren hätte, viermal so viel wie M35. Mit etwa zwei Milliarden Jahren ist NGC 2158 sehr alt. Die auffälligsten Sterne, die über den Haufen verstreut liegen, sind Rote Riesen.

Im Osten nichts Neues

NGC 2266 ist ein mit NGC 2158 vergleichbarer offener Sternhaufen. Er befindet sich 1,8 Grad nördlich von Epsilon Geminorum (ε Gem), der Kastors Knie symbolisiert. Bei 87facher Vergrößerung erkenne ich ein Dutzend schwacher bis sehr schwacher Sterne vor einem dunstigen Hintergrund, aus dem schwer fassbare Lichtpunkte vereinzelt aufblitzen. Dieser hübsche Sternhaufen hat einen Durchmesser von sechs Bogenminuten und ist fast dreieckig. Sein hellster Stern befindet

SEAN WALKER, S&T | ROSS & JULIA MEYERS / ADAM BLOCK / NOAO / AURA / NSF | TILL CREDNER / SVEN KOHLE

Für den Eskimonebel (NGC 2392, links und Mitte) brauchen Sie schon größere Instrumente. Diese beiden Bilder wurden mit einem 8- und einem 16-Zöller gemacht. Der Sternhaufen NGC 2266 (rechts) enthüllt diese eindrucksvollen Farben nur bei Langzeitbelichtungen. Dieses Viertel-Grad-Feld wurde mit dem 1,2-Meter-Teleskop auf dem Calar Alto in Spanien aufgenommen.

sich an seinem südwestlichen Ende. NGC 2266 enthält viele Rote Riesen.

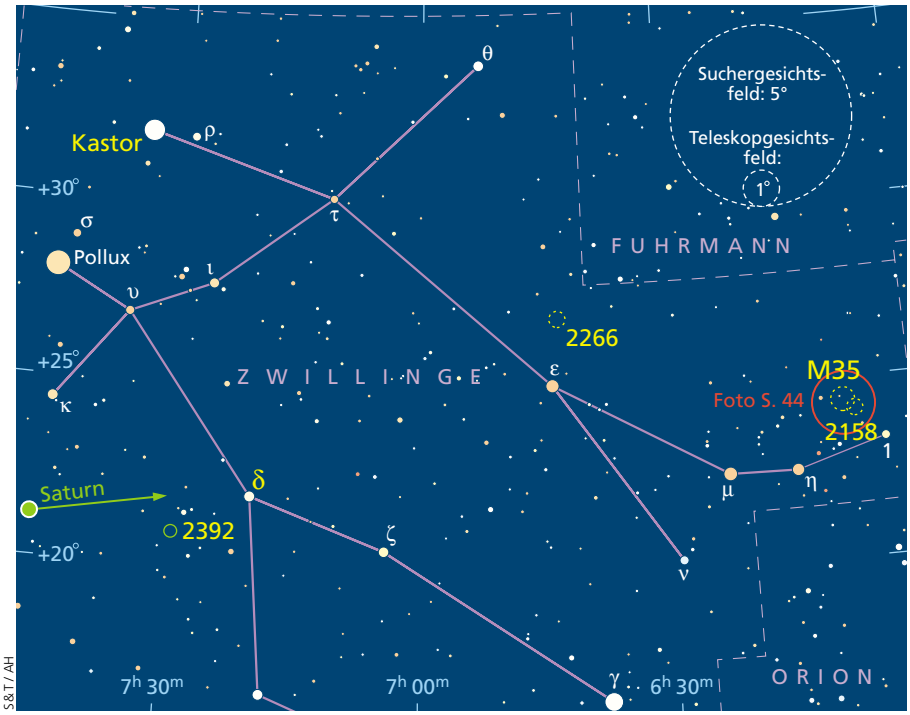
Lassen Sie uns nun zu Kastors Zwillingsbruder Pollux hinüberschwenken. Sein »Bauchnabel« ist der Doppelstern Delta Geminorum (δ Gem). Der Planet Pluto stand sehr nahe bei diesem Stern, als er auf Fotografien entdeckt wurde, die im Januar 1930 gemacht worden waren. Mit meinem 4,1-Zoll-Teleskop erweist sich δ Gem bei 87facher Vergrößerung als sehr enges Paar. Der gelb-weiße Primärstern hat im Südwesten einen Begleiter 8. Größe.

Der schwer aufzufindende Planetarische Nebel NGC 2392 (auch: Caldwell 39) liegt 2,4 Grad ostsüdöstlich von δ Gem. Unmittelbar nördlich des Nebels steht ein Stern 8. Größe (Foto oben links). Bei geringer Vergrößerung ähnelt dieses Paar einem Doppelstern. Ich erkenne bei 153facher Vergrößerung einen schmalen, rundlichen, leicht gesprenkelten, blaugrauen Schein um einen hellen Zentralstern. Einige Himmelsbeobachter bemerken ein Blinken, wenn sie diesen Nebel betrachten. Durch indirektes Sehen wird der Nebel besser sichtbar, während er bei direktem Hinsehen verschwindet.

Man trägt wieder Pelz

NGC 2392 wird auch Eskimonebel genannt, da er auf Fotos, die von der Erde aus aufgenommen wurden, wie ein Gesicht aussieht, das von einer Fellkapuze umgeben ist. Der Pelzanorak des Eskimos könnte mit kleinen Teleskopen in Form einer Abnahme der Helligkeit ausfindig gemacht werden. Aber Sie benötigen wahrscheinlich mindestens einen Achtzöller, um etwas von dem dunklen Ring zu erhaschen, der ihn vom Gesicht des Eskimos trennt. Mit einem Sechszöller werden erste dunkle Strukturen im Antlitz des Eskimos sichtbar. Dazu gehört ganz besonders ein dunkler Fleck westlich des Zentrums. Wenn man die Feinheiten des Eskimonebels sehen will, kann eine starke Vergrößerung in Verbindung mit einem O-III- oder Schmalbandfilter gegen die Lichtverschmutzung eine große Hilfe sein.

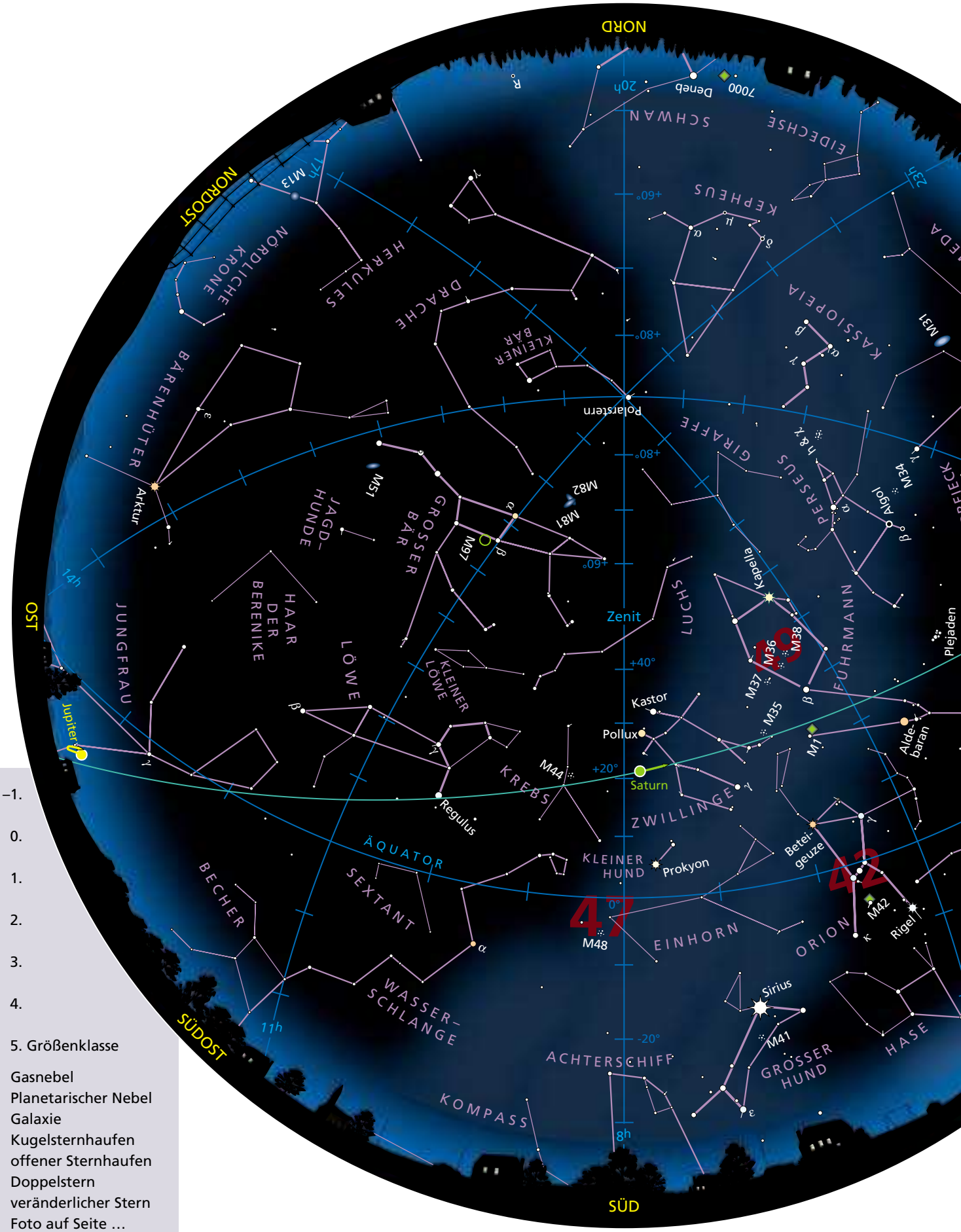
Unser letztes Ziel ist Kastor, ein System aus sechs Sonnen, die sich gegenseitig in einem komplizierten Ballett umkreisen. Jede seiner drei sichtbaren Komponenten verbirgt einen Begleiter, der zu nahe ist, um mit einem Teleskop aufgelöst zu werden – drei geheime Zwillingspaare, die sich nur durch ihre Spektren verraten. Wenn ich durch meinen kleinen Refraktor schaue, habe ich bei 87facher Vergrößerung den Eindruck, als würde der 2. Größe helle Kastor A den ostnordöstlich stehenden 3. Größe hellen Kastor B streng bewachen. Beide Sterne sehen weiß aus. Der viel schwächere Kastor C liegt großzügige 71 Bogensekunden südsüdöstlich. Er besteht aus einem Paar beinahe gleichartiger roter Zwergsterne, die sich gegenseitig bedecken, sodass wir während jedes Umlaufs von 19,5 Stunden zwei Finsternisse miterleben. In beiden Fällen wird das Gesamtlicht der Sterne halbiert und verringert sich um 0,7 Größen. Da Kastor C also ein veränderlicher Stern ist, trägt er zusätzlich die Bezeichnung YY Geminorum (YY Gem). <<



S&T / AH

Wenn Sie Themenwünsche haben, leiten wir diese gerne an **Sue French** weiter!

STERNTAFEL



	–1.
	0.
	1.
	2.
	3.
	4.
	5. Größenklasse
	Gasnebel
	Planetarischer Nebel
	Galaxie
	Kugelsternhaufen
	offener Sternhaufen
	Doppelstern
	veränderlicher Stern
42	Foto auf Seite …

AH / SIGANIM

WANN

Der Zeitleiste (oben) können Sie die Gültigkeit der Sternkarte entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

Januar, erste Hälfte: **1 Uhr***
Januar, zweite Hälfte: **Mitternacht***
Februar, erste Hälfte: **23 Uhr***
Februar, zweite Hälfte: **22 Uhr***

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

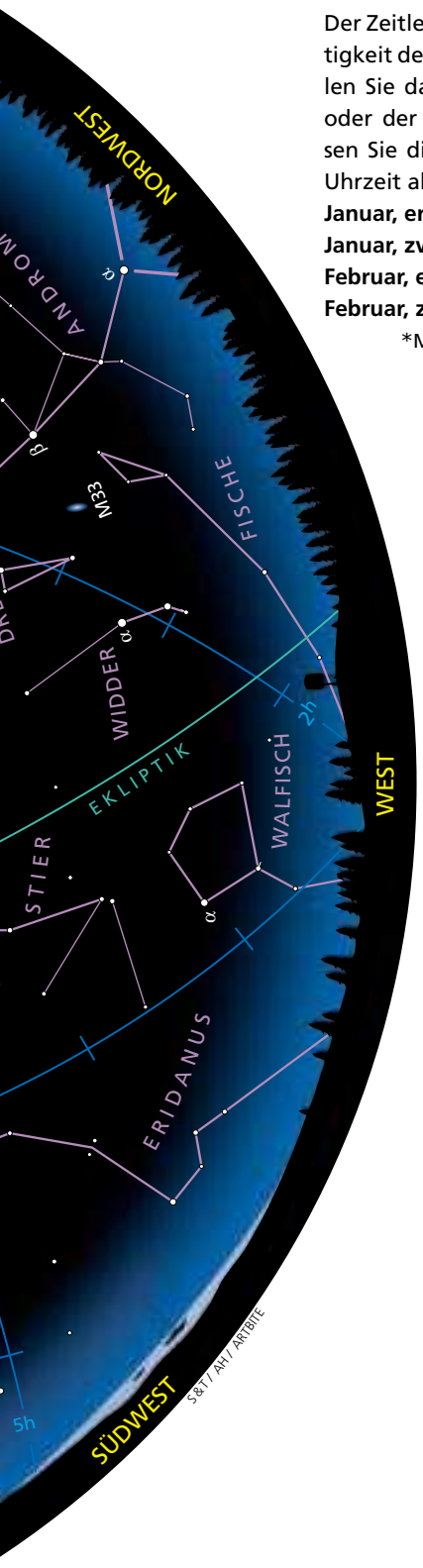
Beobachten Sie zwei Stunden früher, können Sie die Karte aus dem Novemberheft heranziehen.

WIE

Auf der Sternkarte sehen Sie den Himmel so, wie er sich Ihnen zu den links und oben angegebenen Zeiten präsentiert. Zur Orientierung halten Sie die Karte über sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden oder auf Sie zu zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen dann direkt über dem Horizont. Der im Zentrum der Karte dargestellte Himmelsausschnitt befindet sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Der Ringplanet Saturn ist gerade durch den Meridian gelaufen (die Nord-Süd-Linie), auf zwei Drittel der Höhe vom Horizont zum Zenit. Sie finden ihn also etwas unterhalb der Kartenmitte, wenn »Süd« auf Sie zeigt. Saturn steht damit an der östlichen Kante des »Wintersechsecks« aus den hellen Sternen Pollux, Kapella, Aldebaran, Rigel, Sirius und Prokyon.

Die Karte gilt für fünfzig Grad nördliche Breite, das entspricht der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Süddeutschland, Österreich und der Schweiz sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.



S&T / AH / ARTBITE

FELDSTECHERTIPP

M 48 in der Wasserschlange

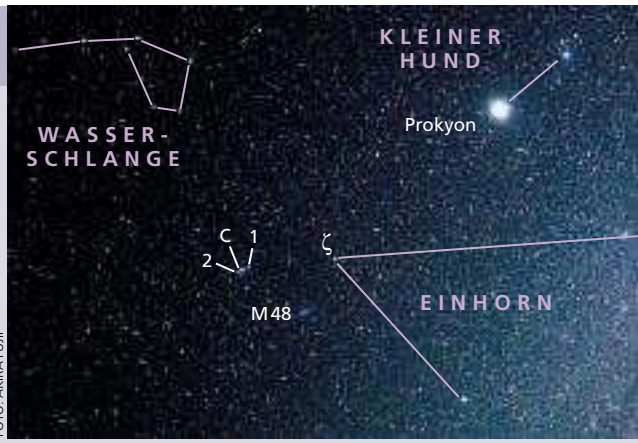


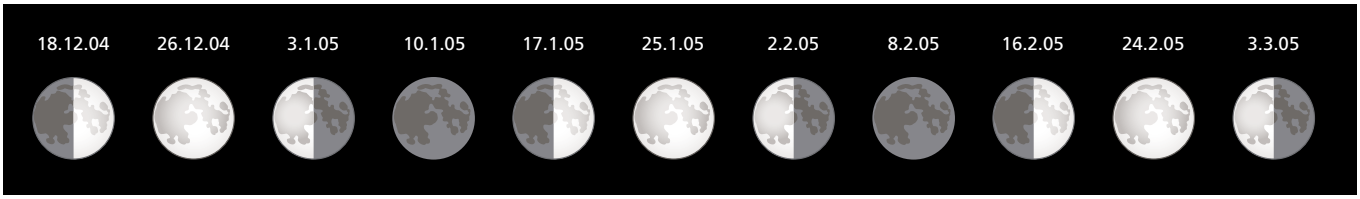
FOTO: AKIRA FUJII

Mit all den hellen Sternen des Wintersechsecks zu ihrer Rechten ist es nicht verwunderlich, dass der Region zwischen der großen, nördlichen Wasserschlange (»Hydra«, Hya) und dem Einhorn (»Monoceros«, Mon) kaum Beachtung geschenkt wird. Deshalb ist auch das interessanteste Feldstecherziel in der Wasserschlange, M 48, alles andere als berühmt. Seine unmittelbare Umgebung ist sogar dermaßen öde, dass Charles Messier den Sternhaufen bei der Katalogisierung um fünf Grad falsch positioniert hat.

Sie finden M 48 am einfachsten, wenn Sie zunächst das Sterntrio aus 1-Hydrae (1 Hya), 2-Hydrae (2 Hya, auch: LM Hya) und C-Hydrae (meist als HD 71155 kartografiert) suchen. M 48 liegt dann drei Grad südwestlich (rechts unterhalb) und bildet ein Dreieck mit dem Trio und Zeta Monocerotis (ζ Mon). Den Haufen unter Vorstadtbedingungen aufzuspüren ist ziemlich knifflig, auch wenn Sie das Feld schon im Auge haben. Mit einem 10×50-Fernglas müssen Sie schon ganz genau hinschauen. Sie sehen dann ein rundes Glühen, in dem Sie vielleicht ein oder zwei Sterne ausmachen können.

Bei einem solch hellen Himmel hilft eigentlich nur eine stärkere Vergrößerung. Mit einem bildstabilisierten 15×45er wird die Situation gleich viel besser. Aus dem Dunst wird ein hübscher Haufen von knapp einem Dutzend unterscheidbarer Sterne. Falls Sie fernab der Städte bei guten Bedingungen beobachten, liefert Ihnen schon ein 10×-Feldstecher diesen Anblick.

>> Gary Seronik



Superlative am Winterhimmel

Zu dieser Jahreszeit finden wir sowohl den hellsten Stern als auch das hellste Sternbild am Abendhimmel. Doch Orion, der Große und der Kleine Hund, der Stier und der Fuhrmann glänzen auch mit verborgenen Schätzen. **>> Fred Schaaf**

Orion (Ori), das hellste Sternbild, und Sirius, der hellste Stern, erwarten uns, wenn wir im Winter nach oben schauen. Zu den Zeiten, für die unsere Übersichtskarte berechnet ist, sind der Himmelsjäger Orion und Sirius im Großen Hund (»Canis Maior«, CMa) schon auf dem Weg am Südwesthorizont unterzugehen. Sie hatten ihre höchsten Punkte früher in der Nacht, während der »Tagesschau«. Orion liegt dabei – je nach Ihrem Wohnort – zwischen etwa dreißig und fünfzig Grad über dem Horizont. Weiter Richtung Zenit finden wir zwei Sternbilder, die mindestens ebenso interessant sind. Der Stier (»Taurus«, Tau) und der Fuhrmann (»Auriga«, Aur) besitzen einige herrliche Sternhaufen, darunter den berühmtesten überhaupt – die Plejaden (M45).

»Sieben Schwestern« wird der Haufen auch genannt. Er befindet sich im Stier in vierhundert Lichtjahren Entfernung. Die sechs hellsten Sterne bilden den Umriss einer Teetasse oder eine Miniaturversion des Großen Wagens und sind kinderleicht erkennbar. Um mehr als diese sechs zählen zu können, müssen die Himmelsbedingungen ausgezeichnet sein und die Sicht äußerst klar. Mit Ferngläsern sieht man dann aber dutzende blau-weiße Sterne.

Der zweite große Sternhaufen des Stiers hat die Form einer Pfeilspitze oder eines »V«. Es sind die Hyaden, die auch den Kopf des Stiers darstellen (»Auge in Auge mit dem Stier«, AH 12/2004, S. 38). Einer der Arme des Vs endet in dem hellen, orangefarbenen Stern Aldebaran (Alpha Tauri, α Tau) mit einer Helligkeit 1. Größe. Der Stern selbst gehört nicht zu den Hyaden. Der Haufen ist 150 Lichtjahre von der Erde entfernt, während Aldebaran weiter im Vordergrund liegt und mit 65 Lichtjahren nicht einmal halb so weit weg ist. Verlängert man die zwei Arme des Vs, zeigt jeder von ihnen auf einen mittelmäßig hellen Stern. Diese beiden stellen traditionsgemäß die Spitzen der Hörner dar.

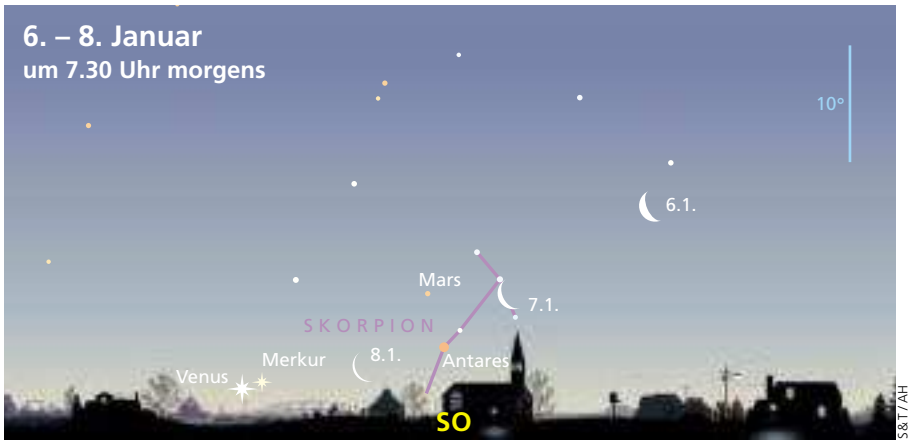
Himmlisches Pentagon

Bei Zeta Tauri (ζ Tau), dem Stern an der unteren Hornspitze, liegt M1, der berühmte Krebsnebel. Er ist der Überrest einer Supernova, die im Jahr 1054 für ein paar Wochen sogar heller als Venus aufleuchtete. Die Position des Nebels ist auf unserer Übersichtskarte verzeichnet, und selbst mit einem kleinen Fernrohr erkennen Sie ein leichtes Glühen.

Damit Sie ihn jedoch unter all den schwachen Sternen in seiner Umgebung finden, brauchen Sie eine detailliertere Sternkarte, wie die im schon erwähnten Artikel im vorigen Heft. Am anderen, helleren Hornende liegt Beta Tauri (β Tau). Dieser gehört zwar offiziell zum Stier, wurde jedoch früher oft dem Nachbarsternbild Fuhrmann zugeordnet. Dort ist er eine Ecke des leicht erkennbaren, abgeflachten Fünfecks. Der auffälligste Stern des Sternbilds, Kapella (Alpha Aurigae, α Aur), ist ein weiterer Eckpunkt und hat eine Helligkeit 0. Größe. Er stellt die Geiß dar, die der Fuhrmann in der Sage auf den Schultern trägt. Daneben befindet sich ein kleines, spitzes Drei- >

FOTO: AKIRA FUJII

Der Fuhrmann mit dem Wintersechseck-Stern Kapella hat drei tolle offene Sternhaufen geladen: M36, 37 und 38.



Vorboten der Sonne sind rund eine Stunde vor Sonnenaufgang zu sehen. Der neunte Planet – Pluto – steht 8,5 Grad oberhalb der Venus, bleibt aber großen Instrumenten vorbehalten.

> eck aus mäßig hellen Sternen, die drei Zicklein.

Weiter im Süden ist die Jagd in vollem Gange. Orion, der Jäger, und seine zwei Jagdgefährten, der Große und der Kleine Hund, sind in jeder Winternacht am Himmel auf der Ost-West-Pirsch nach ihrer Beute. Der Hase (»Lepus«, Lep) tummelt sich derweil direkt unter Orions Füßen. In Wirklichkeit ist es natürlich die Drehung unseres Planeten in Richtung Osten, die Orion und die übrigen Sternbilder nach Westen wandern lässt. Aber eins ist klar: Selbst wenn Orion wohl niemals das große Jagdglück haben wird, unsere Aussichten sind dafür umso besser.

Beim hellsten aller Sternbilder ist es leicht nachvollziehbar, wie das Bild vom Jäger entstand, dessen Kontur anscheinend in den Himmel gemeißelt wurde. Seine hellsten Leuchtfeuer sind der orange-goldene Beteigeuze (Alpha Orionis, α Ori) und der blau-weiße Rigel (Beta Orionis, β Ori). Zwischen den beiden liegt das auffälligste Merkmal des Jägers: eine unverwechselbare Linie aus drei Sternen 2. Größe. Sie sind dicht aufgereiht wie bei einer Perlenkette und bilden Orions Gürtel.

Prunkvolle Ausrüstung

An diesem hängt sein Schwert in Form einer Linie aus leuchtschwächeren Sternen, von denen nur einer hell genug für die Übersichtskarte ist. Den mittleren dieser Sterne säumt ein Dunst, der sich durch ein Teleskop betrachtet zu einem herrlichen Fächer aus geheimnisvollen Licht entfaltet. Dies ist M 42, der große Orionnebel. Wo Sie mit einem Feldstecher nur einen trüben Fleck sehen, enthüllt Ihnen ein 150-Millimeter-Teleskop (Sechszöller) komplizierte Strukturen. Viele Beobachter behaupten, der Nebel schimmere an seinen hellsten Stellen grünlich. Durch das Fernrohr können Sie einen dichten Knoten aus vier extrem jungen Sternen erkennen, das Trapez (Foto in »Highlight«, S. 42). Der Orionnebel ist nämlich eine sehr produktive Sternentstehungsfabrik.

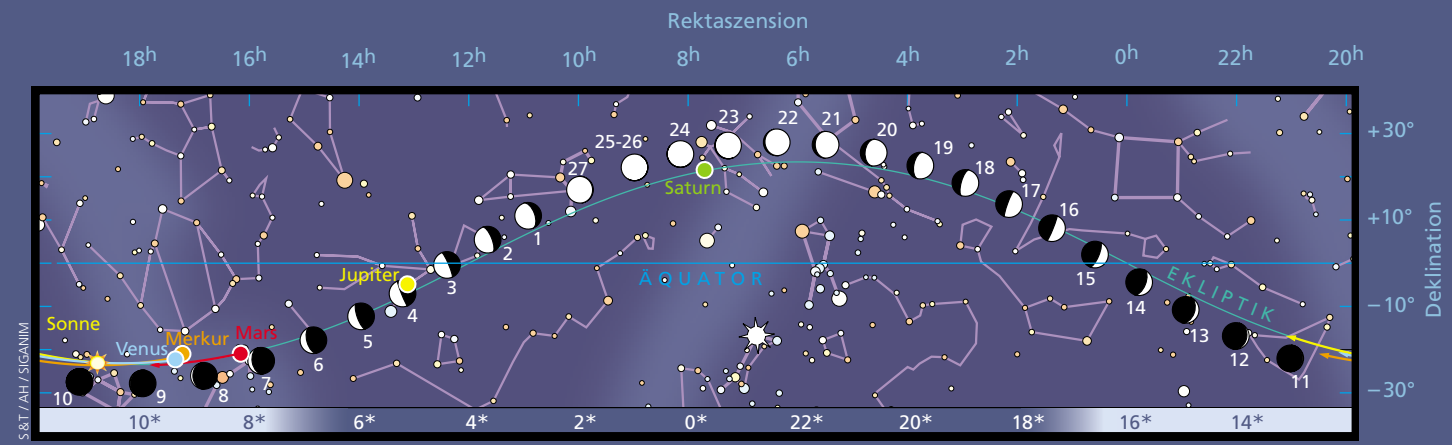
Des Jägers folgsamer Gefährte ist der Große Hund, der auf unserer Übersichtskarte tief im Südsüdwesten liegt. Eigentlich besitzt der Große Hund eine deutliche Kontur aus Sternen, diese wird jedoch vom hellsten Stern des Nachthimmels förmlich in den Schatten gestellt. Sirius, das Herz des Hunds, auch Hundsstern genannt, überstrahlt alles bis auf Sonne, Mond und die hellsten Planeten. Wenn Sie ihn knapp über dem Horizont oder durch eine turbulente Atmosphäre betrachten, schimmert er wie eine Diskokugel in den unterschiedlichsten Farben. Der Grund für seine herausragende Helligkeit ist die geringe Entfernung von uns. Mit nur 8,6 Lichtjahren ist er der nächste von Mitteleuropa aus mit bloßem Auge sichtbare Stern.

Südlich von Sirius, etwas weniger als das Sichtfeld eines Feldstechers entfernt, besitzt auch der Große Hund einen schönen offenen Haufen von rund achtzig Sternen, die es zusammen auf eine Helligkeit von 4,6ter Größe bringen: M 41.

Orions zweiter Gefährte ist der Kleine Hund, dessen Form eher einem Knochen

Die Panoramen für Januar und Februar zeigen Phasen und Positionen des Monds vom jeweils 1. bis zum 27. Die Pfeile kennzeichnen die Wege von Sonne und Planeten von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Uhrzeit an, wann der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

Der Mond und die Planeten im Januar 2005



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

gleicht. Aber das kleine Sternbild kann sich mit Prokyon (Alpha Canis Minoris, α CMi), dem achthellsten aller Sterne rühmen. Seine Entfernung ist ebenfalls recht gering, nämlich 11,4 Lichtjahre.

Saturn erreicht seine Opposition am 13. Januar. Dann steht er von der Erde aus gesehen der Sonne genau gegenüber, das heißt er geht bei Sonnenuntergang auf und ist die ganze Nacht sichtbar. In den Wochen davor und danach ist er der Erde verhältnismäßig nah und am hellsten und größten. Er läuft in den Zwillingen entlang der Ekliptik auf Höhe von Kastor und Pollux (Alpha und Beta Geminorum, α und β Gem, siehe S. 44), die er an Helligkeit deutlich übertrifft, in Richtung Westen bis zu einem Punkt etwa ein Grad nördlich des Eskimonebels. Dort hält er an und läuft nach Osten zurück. Schon mit kleinen Fernrohren kann man die Cassinische Teilung in seinen Ringen als dünne, dunkle Linie zwischen dem A-Ring und dem breiteren, innen gelegenen B-Ring erkennen.

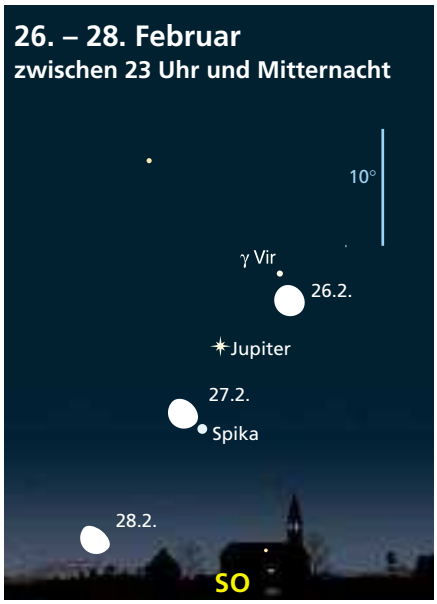
Jupiter geht am Anfang des Jahres erst spät in der Nacht gegen 2 Uhr MEZ auf. Ende Februar kriecht er gegen 23 Uhr über den Horizont. Er ist nur sechs Grad von Spika (Alpha Virginis, α Vir) entfernt, also weniger als eine Faustbreite. Wenn er dann endlich sichtbar wird, überstrahlt er alles, auch Sirius und Saturn. Die schönsten Fotos erhalten Sie jedoch erst in der frühen Morgendämmerung, wenn er an seinem höchsten Punkt angekommen ist. Die Frühaufsteher unter Ihnen werden mit tollen Studien seiner Konturen und der Bewegung seiner Monde belohnt.

Venus steht viel näher an der Sonne und geht erst in der hellen Dämmerung auf. Im Februar verschwindet sie im Sonnenaufgang. Sie ist dann lediglich kurze Zeit knapp über dem Ostsüdosthorizont erkennbar.

Merkur ist nur minutenweise sichtbar. Er steht an Neujahr knapp über der Venus und zur Januarmitte ein wenig unter ihr. Die beiden sind weniger als die Breite Ihres kleinen Fingers voneinander getrennt und bilden mit einem Feldstecher betrachtet ein wunderschönes Paar. Anschließend läuft Merkur hinter der Sonne vorbei und taucht höchstens für ein paar Augenblicke gegen Ende Februar wieder auf. Vielleicht können Sie ihn mit Ferngläsern etwa eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang am Westhorizont entdecken.

Mars geht wie Venus erst in den frühen Morgenstunden auf. Er ist zwar etwas früher dran als Venus, leuchtet aber viel schwächer. Anfang Januar befindet sich der Rote Planet direkt über dem gold-orangefarbenen Antares (Alpha Scorpii, α Sco, Grafik links) und wandert bis Mitte des Monats an seine linke Seite. Die günstigste Gelegenheit, Mars zu betrachten, ist gleich bei Einsetzen der Morgendämmerung. Allerdings befindet er sich dann immer noch tief im Südosten.

Der Mond besucht Jupiter und Spika am Morgen des 4. Januar, am Abend des 30. Januar und in den Nächten vom 26. und 27. Februar (siehe Grafik rechts oben). Am 7. Januar bildet er kurz vor Sonnenaufgang ein wunderschönes Dreieck mit Mars und Antares, tags darauf steht er rechts von Venus und Merkur. Am 4. Februar bedeckt er Antares kurz nach 5 Uhr für rund eine halbe Stunde. In der darauf folgenden Nacht steht er in der Nähe des Roten Planeten. Am Abendhimmel wird unser Trabant – es ist fast Vollmond – in der Nacht vom 14. Januar



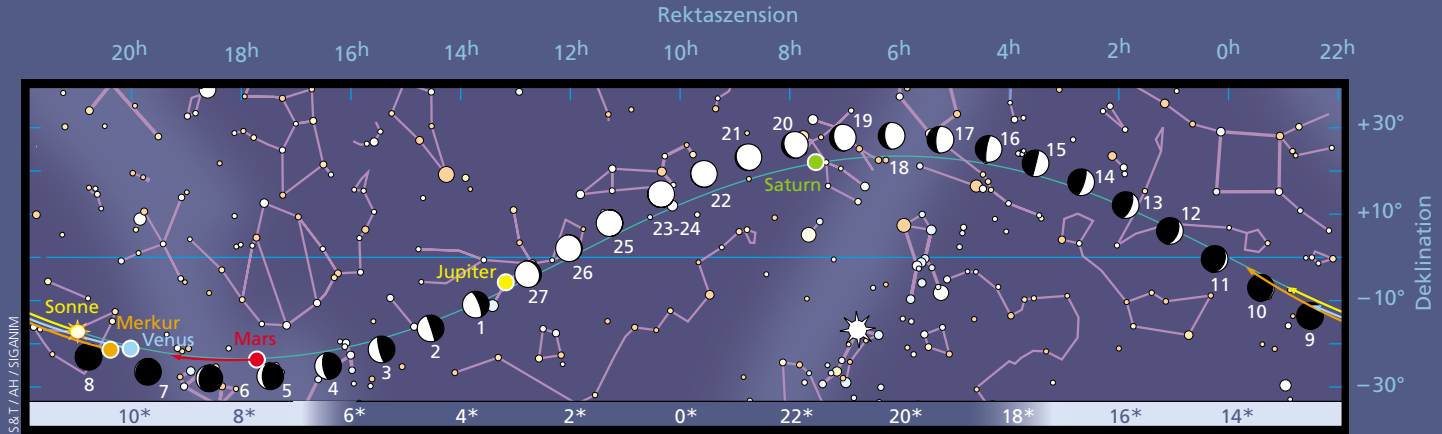
Jupiter und Jungfrau bestreiten die Late-Night-Show im Südostfernsehen Ende Februar.

von Saturn, Pollux und Kastor eingeklemmt, die er auch in der Nacht vom 19. auf den 20. Februar besucht.

Die letzten drei Abende im Februar bieten optimale Voraussetzungen zur Beobachtung des Zodiakallichts (AH 3-4/2003, S. 42). Der Mond geht erst nach Ende der astronomischen Dämmerung auf und stört nicht. Allerdings können Sie den pyramidenförmigen Schein über dem Horizont nur sehen, wenn die Luft klar und frei von Turbulenzen ist. Verwenden Sie beim Fotografieren ein Weitwinkelobjektiv, damit Sie das Phänomen in seiner Gänze einfangen können. <<

Fred Schaaf unterbricht den Winterschlaf nur zur Beobachtung von Sonne, Mond und Planeten.

Der Mond und die Planeten im Februar 2005



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

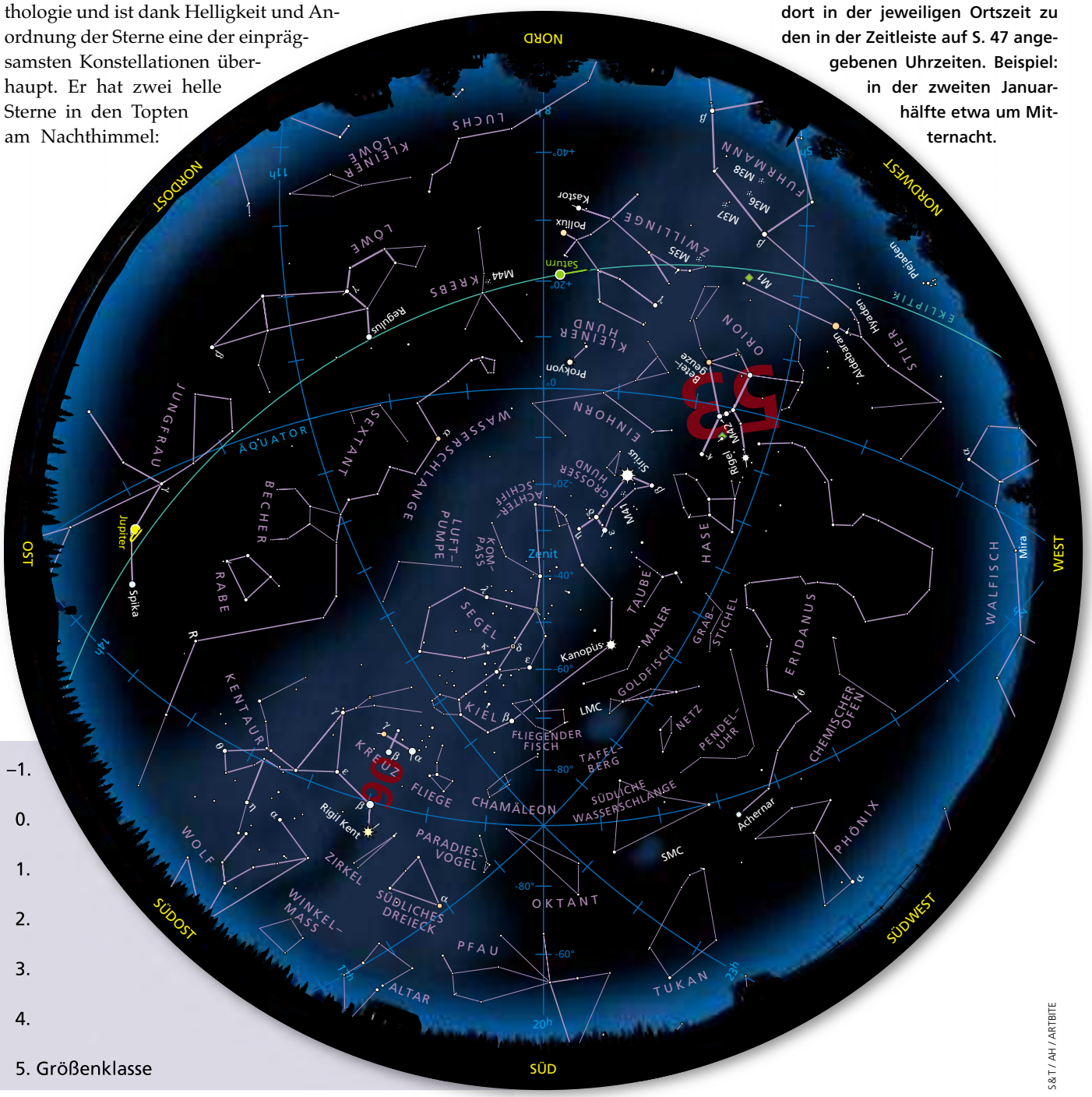
Eine mittsommerliche Jagd

Orion ist ein Angeber: Kein anderes Sternbild protzt mit mehr hellen Sternen.

>> Greg Bryant

Auch der Sommerabendhimmel auf der Südhalbkugel wird in dieser Jahreszeit vom Sternbild Orion, dem Himmelsjäger, dominiert. Die Figur entspringt der griechischen Mythologie und ist dank Helligkeit und Anordnung der Sterne eine der einprägsamsten Konstellationen überhaupt. Er hat zwei helle Sterne in den Topten am Nachthimmel: Rigel und Beteigeuze. Jedes andere Sternbild hat höchstens einen. Fünf weitere seiner Sterne, Gamma (γ), Epsilon (ε), Zeta (ζ), Kappa (κ) und Delta Orionis (δ Ori), sind von zweiter Größenklasse, ha-

Der Himmel für 35 Grad südliche Breite Das entspricht etwa der Linie Sydney (Australien) – Kapstadt (Südafrika) – Buenos Aires (Argentinien). Dieser Ausschnitt gilt dort in der jeweiligen Ortszeit zu den in der Zeitleiste auf S. 47 angegebenen Uhrzeiten. Beispiel: in der zweiten Januarhälfte etwa um Mitternacht.



–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse

S&T / AH / ARTBITE

AKIRA FUJII

Orions Gürtel, die auffällige Anordnung dreier heller Sterne (Mitte), lässt Sie das Sternbild schnell finden, auch wenn auf der Südhalbkugel alles »auf dem Kopf« steht.

ben also scheinbare Helligkeiten zwischen 2,5ter und 1,5ter Größe. Auch hier spielt Orion in einer eigenen Liga. Kein Wunder, dass er unsere Aufmerksamkeit auf sich zieht.

In der Hitliste der »hellen Sternbilder« kommen nach Orion der Kentaur, der Skorpion und der Große Bär mit jeweils sechs Sternen 2. Größe oder heller. Der Große Hund hat fünf, der Schiffskiel und das Segel haben jeweils vier. Zunächst sieht es so aus, als sei die Südhalbkugel hier eindeutig im Vorteil. Wenn man aber die rund neunzig Sterne zweiter Größenklasse und heller nach Nord- und Südhimmel sortiert, ist das Verhältnis praktisch ausgeglichen.

Gewohntes einmal anders

Nicht nur Beteigeuze und Rigel, sondern auch Orions juwelengeschmückter Gürtel ist natürlich ein Blickfang. Zeta, Epsilon und Delta bilden eine unverwechselbare Linie aus Sternen 2. Größe von nur zweieinhalb Grad Länge, die von Südosten nach Nordwesten verläuft. Diese Anordnung weist die Richtung zu zwei weiteren Highlights in der Nachbarschaft. Südöstlich liegt der Große Hund, Orions Jagdhund und Heimat von Sirius, dem hellsten Stern am Himmel (von unserer Sonne natürlich abgesehen). Weiter unterhalb vom Großen Hund treffen Sie auf eine Schar heller Sternbilder.

Nordwestlich des Gürtels dagegen liegen die Hyaden im Sternbild Stier. Auffällig funkelt dazwischen Aldebaran mit 0,9ter Größe. Obwohl uns die Hyaden mit 150 Lichtjahren schon recht nahe sind, steht der orangefarbene Aldebaran zufällig im Vordergrund (AH 12/2004, S. 38).

Aber bleiben wir beim Orion. Südlich des Gürtels hängt Orions Schwert, und wenn Sie sich dessen drei Sterne in der Mitte genau anschauen, sollte einer davon, der Mehrfachstern Theta-2 Orionis (θ^2 Ori, 5. Größe), ein bisschen verschwommen aussehen. Hier liegt der Große Orionnebel (M 42), eine gewaltige stellare Kinderstube, die mit ihren zarten nebelhaften Wirbeln schon im kleinen Teleskop förmlich ins Blickfeld explodiert. Inmitten des Nebels liegt das Trapez, ein Quartett von hellen Sternen (siehe Highlight, S. 42).

Der Orionnebel hat sich mir mit vielen herrlichen Ansichten vorgestellt, eines der ersten Deep-Sky-Objekte, die ich überhaupt erblickt habe. Das war vor ungefähr zwanzig Jahren. Als ich ihn 2002 auf einer Star Party den Nebel durch das Okular eines Neunzig-Zentimeter-Dobsons betrachten konnte, war es eine unglaubliche Offenbarung. <<

Greg Bryant schreibt von Australien aus regelmäßig für Sky & Telescope.

ANZEIGE

JESCO VON PUTTKAMER

Der Visionär

»Mister Nasa« **Seit über vierzig Jahren ist Jesco von Puttkamer das deutsche Aushängeschild der amerikanischen Weltraumagentur.**

Jesco von Puttkamer ist Raumfahrtwissenschaftler und Manager bei der Nasa und dort für das Programm der Internationalen Raumstation ISS zuständig.

ASTRONOMIE HEUTE: Herr von Puttkamer, seit über vierzig Jahren stehen Sie in den Diensten der amerikanischen Raumfahrtbehörde Nasa. Wie schätzen Sie die langfristige Wirkung der kürzlich verkündeten Bush-Agenda (»Zurück zum Mond und weiter zum Mars«) im Vergleich zum Aufruf Kennedys zu einem bemannten Mondflug ein?

Jesco von Puttkamer: Kennedys Aufruf, noch vor Ablauf der 1960er Jahre einen Menschen zum Mond und wieder sicher zur Erde zurückzubringen war ein rein politisches Mandat, das wir Ingenieure und Wissenschaftler seinerzeit erfüllten. Doch wenn man genauer hinschaut, so wussten die Politiker bereits nach der ersten Mondlandung nicht weiter. Nur mit Mühe konnten wir sie damals davon überzeugen, uns insgesamt sechs bemannte Mondflüge zu bewilligen. Denn eigentlich war der Auftrag Kennedys ja schon mit Apollo 11 erfüllt. Die Agenda von Präsident Bush beinhaltet dagegen wohlweislich ein »offenes Mandat« – das heißt, es wird hier stufenweise zunächst in den erdnahen Weltraum, dann zum Mond und erst danach weiter zum Mars gehen. Manche betrachten den Umweg über den Mond zwar als überflüssig, doch bei der Entwicklung und beim Test neuer Weltraumtechnologien ist unser Trabant als Sprungbrett zum Roten Planeten von unschätzbarem Wert.

AH: Mit dem neuen Programm geht auch eine interne Umorganisation der Nasa einher. Wie sieht die aus und wie wird sie bewältigt?

JvP: Ganz klar, für ein solch ambitioniertes Programm sind Umstrukturierungen in einer großen Behörde wie der Nasa unumgänglich. Nur nennen wir das

heute Transformation – das ist ein schöneres Wort. Im Moment sind wir dabei, heftig zu transformieren. Abteilungen, die für die Entwicklung des Spaceshuttles und der Raumstation verantwortlich sind, müssen sich zunehmend anderen Aufgaben widmen. Für die ersten fünf Jahre wurden uns von Seiten der Regierung elf Milliarden Dollar zur Verfügung gestellt, um die Neuausrichtung auf den Weg zu bringen. Vom amerikanischen Kongress wurden bereits 75 Millionen davon freigegeben. 21 Millionen Dollar haben wir in den letzten Monaten in elf Machbarkeitsstudien angelegt, die an amerikanische Universitäten und Unternehmen gingen und die zündende neue Ideen für unsere nächsten Ziele – die Rückkehr zum Mond und den bemannten Flug zum Mars – bringen sollen.

AH: Wie wird sich der Transformationsprozess auf die Zukunft der Trägersysteme bei der Nasa auswirken? Und wann wird die alte Shuttleflotte ersetzt?

JvP: Ich denke, es wird bei uns in Zukunft, auch aus finanziellen Gründen, eher eine evolutionäre Entwicklung der Geräte geben. Der Shuttle ist ja kein veraltetes Gerät. Seit dem Verlust der Columbia sind mehr als zwei Milliarden Dollar in die Runderneuerung der verbliebenen Flotte geflossen. Wenn in der ersten Hälfte des kommenden Jahres wieder Raumfähren die ISS anfliegen, werden sie mit neuen Instrumenten, neuen Sensoren in den Flügelvorderkanten und vielen weiteren Details zur Flugsicherheit ausgestattet sein. Auch der Manipulatorarm ist verlängert worden, um den Shuttle bei Problemen von außen inspizieren zu können. Der Shuttle-Nachfolger, das Crew Exploration Vehicle (CEV), soll nach heutiger Planung im Jahr 2008 seinen Jungfernflug erleben, und es ist durchaus möglich, dass man sich hierbei für einen Shuttle-Abkömmling entscheidet.

AH: Gehört auch die internationale Zusammenarbeit nach wie vor zum Konzept der Nasa?

JvP: Klares Ja! Anders geht es heute gar nicht mehr. Nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion ist die Nasa auf Anregung der Regierung Clinton Kooperationen mit der russischen Raumfahrt eingegangen, um zu verhindern, dass Know-how in Drittländer abwandert.

Auszeichnung **Für seine Verdienste wurde Jesco von Puttkamer am 30.6.2004 mit der »Exceptional Service Medal«, dem höchsten Zivilorden der Nasa, geehrt.**

NASA

In einer Notlage wie jetzt nach dem Ausfall der Columbia könnten wir ohne die Russen die Internationale Raumstation gar nicht betreiben. Gerade die russischen Progress-Raumtransporter, die in regelmäßigen Abständen die ISS versorgen, sind im Moment noch unersetzlich.

AH: Das rein privat finanzierte Raumschiff »SpaceShipOne« hat den mit zehn Millionen Dollar Preisgeld dotierten Ansari X-Prize vor einigen Wochen gewonnen. Wie schätzen Sie die private Konkurrenz der Nasa ein und wäre der Weltraumtourismus für Sie eine mögliche Perspektive der bemannten Raumfahrt?

JvP: Ich war schon immer davon überzeugt, dass Raumfahrt nicht nur einigen wenigen Spezialisten vorbehalten sein sollte. Tourismus bedeutet, dass mit Flügen in den Orbit Geld verdient wird. Der Nasa als staatlicher Behörde ist das jedoch per Gesetz verboten.

»Vielleicht bieten in Zukunft Firmen wie TUI oder Neckermann auch Flüge ins All an«

Auf der anderen Seite können kleine, private Raumfahrtunternehmen natürlich sehr viel flexibler reagieren als der große Apparat der Nasa. Daher sehe ich ein Nebeneinander von staatlich und privat finanzierter Raumfahrt als ideale Kombination an. Vielleicht bieten Touristikunternehmen wie TUI oder Neckermann in Zukunft auch Flüge ins All an und machen sich dabei Nasa-Technik zu Nutze. Allerdings dürfen diese Privatfirmen den Sicherheitsaspekt nicht vernachlässigen. Denn bei einem Unglück wäre die gesamte Branche betroffen. Deshalb reagieren wir auf solche Ideen immer erst einmal zögerlich. Die bemannte Raumfahrt ist eben noch lange nicht so sicher wie Zugfahren.

AH: Die europäische Raumsonde Mars Express umkreist seit letztem Jahr den Roten Planeten und schießt mit ihrer Kamera faszinierende Fotos von dessen Oberfläche. Und auch die amerikanischen Marsmobile Spirit und Opportunity sind ja unbemannt. Was können Menschen auf dem Mars erkunden, was Roboter nicht können?

JvP: Der Mensch hat von Geburt an den Drang, immer neue Grenzen zu überschreiten. Nur so können wir unseren Horizont und damit letztendlich auch unser Bewusstsein erweitern. Wie früher die fahrenden Ritter, so müssen auch wir heute ab und an über unseren Tellerrand hinausschauen, um neue Erfahrungen zu sammeln. Kurz gesagt: Reisen bildet! Das gilt natürlich auch in der Raumfahrt.

Erst indem wir die Erde verlassen, bekommen wir einen Blick für das große Ganze und kehren so wieder zu ihr zurück. Erst die Bilder, die die Astronauten von der Erde aus dem Weltraum machten, zeigten uns ihre Verletzlichkeit oder wie die Umweltverschmutzung den Planeten über die Jahre verändert hat. Ich bin fest davon überzeugt: Je weiter wir uns von der Erde entfernen, umso stärker werden wir wieder zu ihr zurückstreben.

Das Interview führte **Stephan Fichtner** im Rahmen der TechnikNacht 2004 der Firma Agilent Technologies Deutschland.

ALLE BILDER DES ARTIKELS: SPACE ISLAND

Im Pullover ins Weltall

Das Unternehmen »Space Island« in Bielefeld bietet simulierte Spaceshuttleflüge an.

>> Frank Schubert

Die Pilotenkabinen im »Space Island« können durch Teleskopstangen nach vorn, hinten und zur Seite gekippt werden – eine Freude für den, der drinsitzt.

Rumpelnd rollt der Spaceshuttle über die Startbahn. Die Hand am Steuerhebel, sitze ich im Cockpit und schaue mir die karge Ebene links und rechts der Betonpiste an. In meinem Kopfhörer ertönen allerlei Durchsagen aus dem Kontrollzentrum; mein Flugbegleiter sitzt neben mir und ich kann mich mit ihm per Mikrofon verständigen.

Die Fahrt auf der glatten Rollbahn ist erstaunlich holprig. Nach einigen Minuten erreichen wir die Startrampe, wo eine gewaltige Trägerrakete auf uns wartet. Der Shuttle richtet seine Nase gen Himmel und wird von einer imaginären Kraft auf die Rampe gezogen – gut, das war nicht so ganz realistisch. Immer steiler reckt sich die Spitze des Raumtransporters nach oben. Mein Flugbegleiter und ich kippen nach hinten, die Schwerkraft presst uns in die Sitze.

Gewinnen Sie einen Flug!

In unserem Preisrätsel auf Seite 88 können Sie einen Shuttleflug für zwei Personen im **Space Island** gewinnen – einschließlich Übernachtung im **Mövenpick Hotel Bielefeld**.

Schief sitzen im Container

Ein bisschen mulmig wird mir jetzt schon, aber ich weiß ja, dass ich hier jederzeit raus kann. Denn dieses ist nur eine Simulation – wenn auch eine, die empfindliche Mägen durchaus zu irritieren vermag. Ich befinde mich im Simulationszentrum »Space Island« in Bielefeld und sitze in einer vollständig geschlossenen Pilotenkabine, angeschnallt auf einem Flugzeugsitz und ausgestattet mit Kopfhörern und Mikrofon.

Die Pilotenkabine ruht auf mehreren beweglichen Stelzen, die, angetrieben durch Druckluft, wie Teleskopstöcke ein- und ausfahren und dadurch die gesamte Kabine nach vorne, nach hinten oder zur Seite kippen – mit bis zu 45 Grad Steilheit. Wenn man selbst drinsitzt, kommt es einem wie 90 Grad vor.

Mittlerweile hat mich eine gespannte Aufmerksamkeit ergriffen. Der Raketenstart steht kurz bevor. Im Kopfhörer rauschen noch einige Durchsagen, dann wird der Countdown heruntergezählt. »Na dann los«, grinst mich mein Flugbegleiter an. Sekunden später das Aufheulen der Triebwerke – das Gerät simuliert, wie wir vom Boden abheben. Eine wilde Rüttelei beginnt, die wir, in unsere Sitze gedrückt, wohl oder übel ertragen müssen. In die Startphase kann man als Pilot nicht eingreifen – wie beim echten Shuttle.

Nach einigen Minuten Geschüttel durchstoßen wir die Wolkendecke. Später verwandelt sich das Blau des Himmelszelts in Schwarz, dann funkeln uns Sterne an. Vor uns entsteht eine Projektion des Blicks aus dem Erdorbit. Die Kraft, die uns in den Sitz presste, lässt nach und auf

einmal komme ich mir ziemlich leicht vor. Unter uns präsentiert sich die vertraute Erdkugel mit ihren blauen Ozeanen, grünbraunen Kontinenten und weißen Wolkenbändern. Vom Mond jedoch keine Spur und der Sternhimmel, den das Gerät vor uns entstehen lässt, enttäuscht mich als AH-Redakteur ein wenig, entspricht er doch so gar nicht dem Original.

Mit Blick auf den Globus verweilen wir ein wenig, dann geht's zurück zum Boden. Die Pilotenkabine neigt sich bedenklich nach vorn und mein Körpergewicht zerrt an den Gurten. Der Simulator spielt uns den Eintritt in die Atmosphäre vor; die Hitze der Luftreibung scheint glutrot durchs Fenster und abermals werden wir von zahlreichen Erschütterungen heimgesucht. Die Kabine holpert mächtig, bis wir schließlich durchs Wolkenmeer tauchen und nach einigen Flugkurven mit starker Schräglage auf dem Landeplatz aufsetzen.

Die Drucklufttür öffnet sich und mir wird wieder bewusst, dass ich in Bielefeld bin, was so gar nicht zum eben erlebten Flug passt. Offenbar hat es der Simulator geschafft, mich eine Zeit lang in eine andere Welt zu entführen. Ein Blick auf die Uhr: 45 Minuten sind verstrichen, seit ich in die Kabine stieg. Das kam mir dann doch bei Weitem nicht so lang vor.

Ein schönes Erlebnis, dieser Flug, allerdings nicht gerade billig. Besucher zahlen für das dreiviertelstündige Abenteuer zu zweit 250 Euro, ein Getränk für beide ist inklusive. Nach Aussage der Betreiber sind die Bielefelder Shuttlesimulatoren aber einmalig: Es gäbe hier zu Lande keine vergleichbaren Geräte. Beim Luftfahrt-Bundesamt, wo es Abteilungen für die Zulassung und Überwachung von Flugsimulatoren gibt, konnte man mir tatsächlich keine weiteren Shuttlesimulatoren in Deutschland nennen, allerdings sind dort nur Geräte für die Pilotenausbildung erfasst.

Wie ähnlich war dieser simulierte Flug wohl einem echten? Das werde ich nie aus eigenem Erleben erfahren. Zwar ist nicht ausgeschlossen, dass Weltraumflüge eines fernen Tages auch für Normalbürger wie mich erschwinglich werden, doch zu jenem Zeitpunkt werden die Spaceshuttles nur noch in den Museen zu finden sein – als Relikte der Vergangenheit. <<

Frank Schubert würde am Steuer des echten Shuttles wohl allenfalls als Bruchpilot glänzen.

Geschlossene Kabinen **(links) erzeugen zusammen mit der Cockpitprojektion (oben) den Eindruck, man säße in einem echten Flugzeug.**

Fliegen für jedermann

Das Simulationszentrum »Space Island« in Bielefeld eröffnete Ende 2001. Es beherbergt elf öffentliche Simulatoren, die allesamt im Haus entwickelt und zusammengebaut wurden. Die technischen Komponenten wurden bei kleinen Unternehmen in Auftrag gegeben und entstanden dort in Einzelfertigung. Die Software, die das Flugverhalten und die Cockpitansichten nachahmt, stammt aus der Hand von Programmierern, die für »Space Island« arbeiten.

Ursprünglich war das Unternehmen als Trainingszentrum für Piloten geplant. Nach dem 11. September 2001 orientierte sich die Firma jedoch neu und rüstete die Simulatoren ab, sodass die Steuerung der Geräte nicht mehr der Realität entspricht. Daher kann man die Bielefelder Simulatoren auch ohne Vorkenntnisse bedienen.

Das Angebot des Simulationszentrums beschränkt sich nicht nur auf Spaceshuttleflüge, auch wenn diese das »Flaggschiff in der Produktpalette« sind, wie Christoph Weigert betont, der für das Marketing verantwortlich ist. Die Besucher können in Bielefeld auch mit Geländewagen über holprige Pisten fahren, Kampfflugzeuge wie die Fokker DR1, die F16 oder die Mig29 fliegen oder Verkehrsmaschinen wie die Boeing 747 bedienen – alles in der vollständig abgeschlossenen Pilotenkabine, die sich um zwei Raumachsen bewegen lässt. Die Cockpitansicht in der Kabine wird über einen Projektor erzeugt und entspricht dem jeweiligen Fahr- oder Flugzeugtyp. Internet: www.space-island.de

Zutritt auch ohne Flugschein
Das »Space Island« in Bielefeld

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Briefe ins All

Vor dreißig Jahren schickten Astronomen mehrere Botschaften in den Kosmos. Empfänger: unbekannt. **>> E. C. Krupp**

Mit dem Fund einer Flaschenpost beginnt in dem Film »Message in a bottle« eine Liebesbeziehung. Werden die Nachrichten, die die Menschheit ins All sendete, ihrerseits der Beginn eines Kontakts mit Außerirdischen sein?

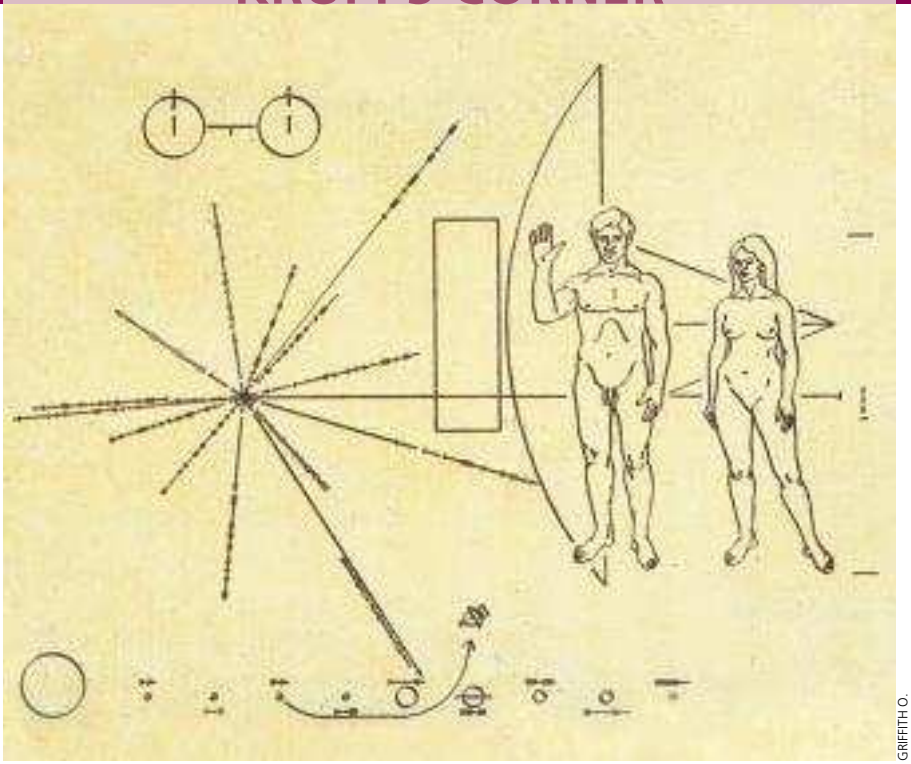
Wir haben ein fast zwanghaftes Bedürfnis danach, in Gesellschaft zu sein und mit anderen zu kommunizieren. Dies war wohl auch der wichtigste Grund dafür, dass Astronomen einigen Forschungssonden interstellare Botschaften mit auf den Weg gaben – in der Hoffnung, dass diese dereinst von Außerirdischen empfangen werden. Die Raumsonden Pioneer 10 und 11 sowie Voyager 1 und 2 wurden vor drei Jahrzehnten zur Erkundung der äußeren Planeten entsandt. Mittlerweile dabei, unser Sonnensystem zu verlassen, haben sie jedoch auch einige »Briefe« an Bord, die außerirdischen Intelligenzen verraten sollen, wer wir sind und wo wir leben. Die Gefährte treiben jetzt als eine Art Flaschenpost durchs All.

Noch immer wissen wir nicht, ob wir allein im Universum sind. Es könnte sein, dass es viele bewohnte Welten im Kosmos gibt, die aber durch unüberbrückbare Entfernungen voneinander getrennt sind. Möglich wäre auch, dass Außerirdische uns längst bemerkt haben, uns jedoch ignorieren, weil es für sie Wichtigeres gibt, als sich mit der Erde zu befassen. Jedenfalls wären viele von uns über jede Gelegenheit erfreut, mit unseren galaktischen Nachbarn in Kontakt zu treten.

Alu-Plaketten und Kupferscheiben

So statteten wir die Pioneer-Sonden mit vergoldeten Aluminiumplaketten aus, die Beschreibungen enthalten, wie wir aussehen und in welchem Planetensystem wir zu finden sind. Ursprünglich stammt die Idee für diese Etiketten von dem Journalisten Eric Burgess sowie seinen Kollegen Richard Hoagland und Don Bane. Die Astronomen Carl Sagan und Frank Drake von der Cornell University entwarfen den Inhalt der Botschaft, Sagans Frau Linda übernahm die Gestaltung. Die Plaketten sollten beständiger sein als jedes irdische Kunstwerk – schließlich ändern sich die Stile, Moden und zivilisatorischen Gewohnheiten auf der Erde ohne Unterlass.

Voyager 1 und 2, die wenige Jahre später starteten, führten noch detailliertere Informationen zur menschlichen Spezies mit sich, gespeichert auf kupfernen Schallplatten. Ein geeigneter Apparat kann die Scheiben mit 16,66 Umdrehungen pro Minute in Rotation versetzen und die darauf abgelegten Daten in Form von Bildern und Tönen abspielen. Verschlüsselt in Analogtechnik – die inzwischen längst von der digitalen Codierung abgelöst wurde –, enthalten die Kupferplatten 27 Musikstücke von Johann Sebastian Bach bis Chuck Berry. Die Entwickler dieser Wiedergabetechnik machten ihren Job damals in bester Absicht: Ihr Werk sollte Jahrmilliarden überdauern. Doch die Voyager-Plattenspieler waren nach irdischen Standards bereits veraltet, als die Sonden gerade mal den Neptun passierten. >



GRIFFITH O.

ARECIBO O. / NATIONAL ASTRONOMY AND IONSPHERE CENTER / CORNELL U.

Sehr geehrte Aliens … Die Botschaften richten sich an außerirdische Intelligenzen. Plakette (links) mit Darstellungen des Hyperfeinstrukturübergangs des Wasserstoffatoms, des Sonnensystems sowie zweier Menschen. Oben: Digitaler Funkspruch in entschlüsselter Form.

> Die Astronomen haben aber nicht nur Metallscheiben verschickt – sie versuchten auch auf virtuellem Weg Kontakt zu Außerirdischen herzustellen. Vor dreißig Jahren übermittelte Frank Drake mit Hilfe des Digitalfunks eine Radionachricht ins All. 1679 Bit digitaler Daten wurden von der riesigen Radioantenne des Arecibo-Observatoriums (Puerto Rico) in Richtung M13 gesendet, dem großen Kugelsternhaufen im Sternbild Herkules. Ordnet man die Daten in 23 Spalten zu je 73 Bit, so ergeben sie eine grafische Darstellung mit Informationen über die Erde und ihre Bewohner. Die Atomzahlen der fünf für das Leben wichtigsten Elemente sind in binärer Form wiedergegeben, genauso wie die chemischen Formeln von zwölf biologisch wichtigen Molekülen. Es folgt die Darstellung einer Doppelhelix zusammen mit einer Zahl, die sich auf die menschliche DNA bezieht. Danach kommt die vereinfachte Silhouette eines Menschen. Zusätzliche binäre Zahlen informieren über unsere durchschnittliche Körperhöhe und die Größe der Erdbevölkerung zum Sendezeitpunkt (etwa vier Milliarden). Die neun Planeten des Sonnensystems und die Sonne selbst sind abgebildet und das letzte Piktogramm zeigt die riesige Parabolantenne von Arecibo mit ihrem Durchmesser von 305 Metern.

Drahtlos oder als Zuschrift?

Solche Radiobotschaften mögen moderner erscheinen als der gute alte Brief, doch ob sie in kosmischen Dimensionen auch effizienter sind, ist eine andere Frage. Vor Kurzem schrieben Forscher aus New Jersey im Fachblatt »Nature«, dass sich interstellare Botschaften in stofflicher Form wesentlich günstiger transportieren lassen als in Form von Funksprüchen. Der Grund: Ein Radiosignal, das noch in 10 000 Lichtjahren nachweisbar sein soll, muss am Sendeort mit gigantischen Energien abgestrahlt werden, denn die Signalintensität wird mit zunehmender Entfernung vom Sender geringer. Hinzu kommt, dass das Radiosignal nur einmal beim Empfänger eintrifft, danach ist es für immer »weg«. Stoffliche Nachrichten hingegen, zum Beispiel Metallplaketten mit eingestanzten Botschaften, bleiben während ihrer Reise durch den leeren Raum weit gehend unverändert und treffen am Ziel sozusagen ungeschwächt ein. Außerdem: Wenn sie auf einem fremden Himmelskörper landen, können sie dort lange Zeit verbleiben und sind unter Umständen über Jahrmillionen hinweg lesbar.

Jedenfalls hat die Menschheit ihre Anwesenheit in der Milchstraße bereits lauthals verkündet. Es war (und ist) unser heroischer Versuch, eine interstellare Unterhaltung zu beginnen. Allerdings haben wir von der Kommunikation im Internet inzwischen genug gelernt, um uns über das Risiko im Klaren zu sein, das wir damit eingehen. Kosmische Lauscher könnten auf uns aufmerksam werden – und nicht nur solche, die uns Gutes wollen. Die Botschaft, die das Arecibo-Observatorium am 16. November 1974 ins All funkte, ist nun 30 Lichtjahre gereist, doch bevor sie den Sternhaufen M13 erreicht, hat sie noch ganze 26 000 Lichtjahre vor sich. Aber wer weiß – irgendwann und irgendwo einmal könnte ein außerirdischer Computer seinen Besitzer mit der Meldung aufschrecken: »Sie haben Post.« <<

MIT FRDL. GEN. VON USPS, 2000

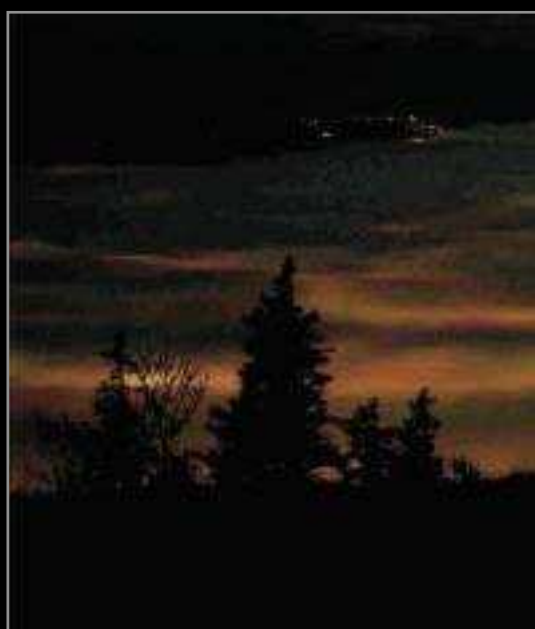
Die 305-Meter-Antenne des Arecibo-Observatoriums in Puerto Rico. Vor dreißig Jahren wurde von hier eine Nachricht ins All geschickt.

E. C. Krupp glaubt nicht, dass Aliens ihre Botschaften in zugekorkten Weinflaschen schicken würden.

Feuerwerk in der Finsternis

Aufregend glitzernde Strichspuraufnahmen über Namibia im Kontrast zum sanften Mond, der am 28. Oktober total im Schatten der Erde stand – und doch im Mittelpunkt.

Galaktischer Glitzerregen
Das Sternbild Schütze vor dem Hintergrund der Milchstraße
>> **Martin Wagner**



Riesenrad in Namibia

Diese Strichspuraufnahme entstand auf der afrikanischen Hartebeest-Teich-Farm. »Hartebeest« ist Englisch für Kuhantilope.

>> Sören von der Werth

Brodelnder Hexenkessel

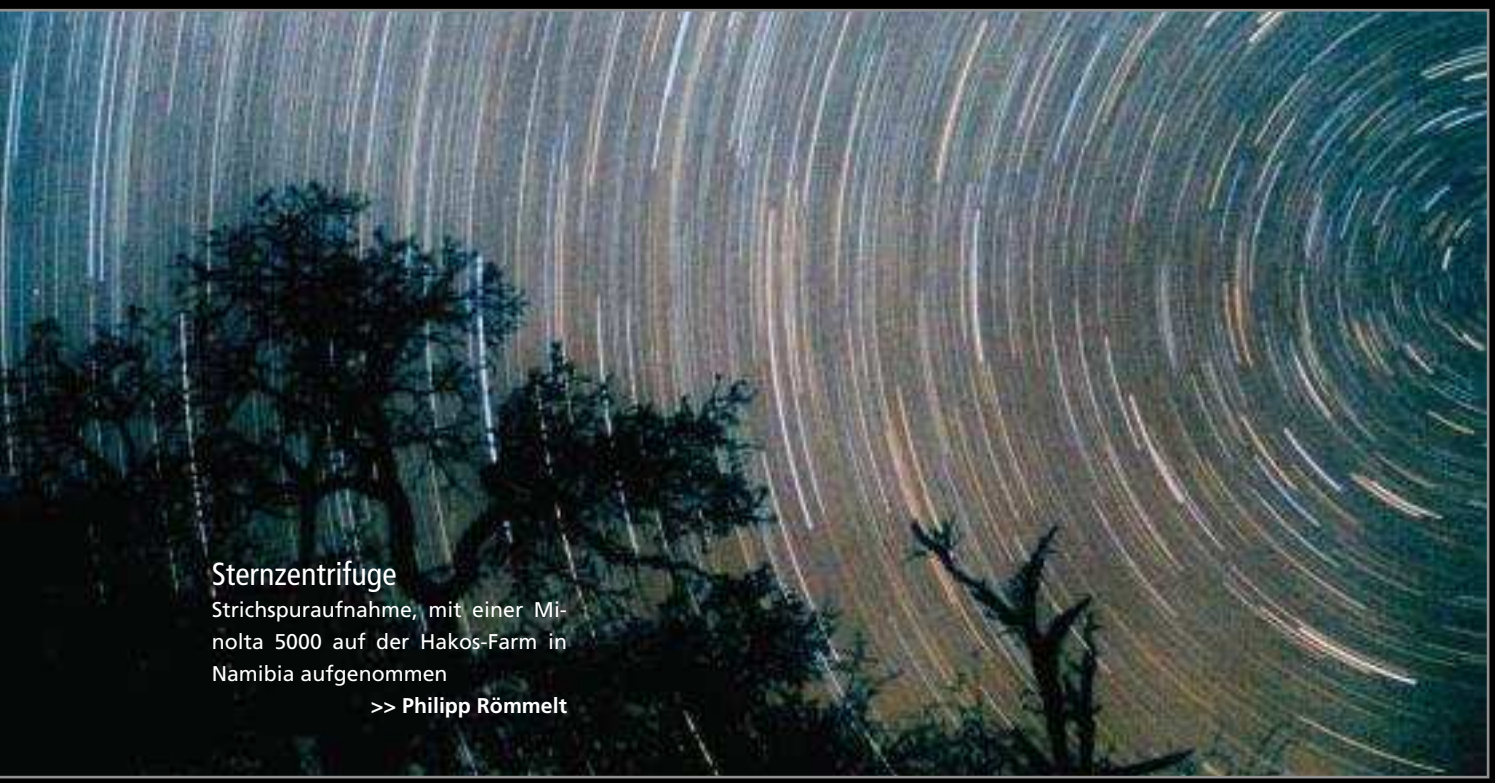
Während der Mondfinsternis am 28. Oktober schimmerten die Lichter der Stadt Salzburg durch eine dünne Nebelschicht.

>> Bernhard Gotthardt

Mondfinsternis

Fotos vom 28. Oktober, geschossen mit der Canon EOS 300D durch ein Sigma-70-30-Objektiv, wurden zu diesem schönen Poster zusammengestellt.

>> Christopher Thielemann



Sternzentrifuge

Strichspuraufnahme, mit einer Minolta 5000 auf der Hakos-Farm in Namibia aufgenommen

>> Philipp Römmelt

Lightshow im Orbit

Kurz bevor am 31. Dezember 2000 ein Meer aus Feuerwerkskörpern den Himmel überschwemmte, um das neue Jahrtausend zu begrüßen, gelang diese Aufnahme zweier Iridium-Satelliten.

>> Martin Wagner

Trabant im Dunkeln

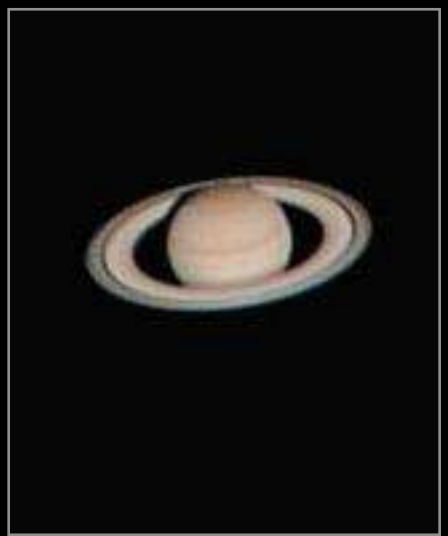
Mondfinsternis, am 9. November 2003 vom österreichischen Linz aus fotografiert

>> Herwig Sulzbacher

Saturn

Schlichtes Porträt des Gasplaneten. Schon mit einfachem Gerät sieht man die Cassinische Teilung, hier als schwarzen Streifen im Ringsystem.

>> Martin Wagner



Mondfinsternis im Verlauf

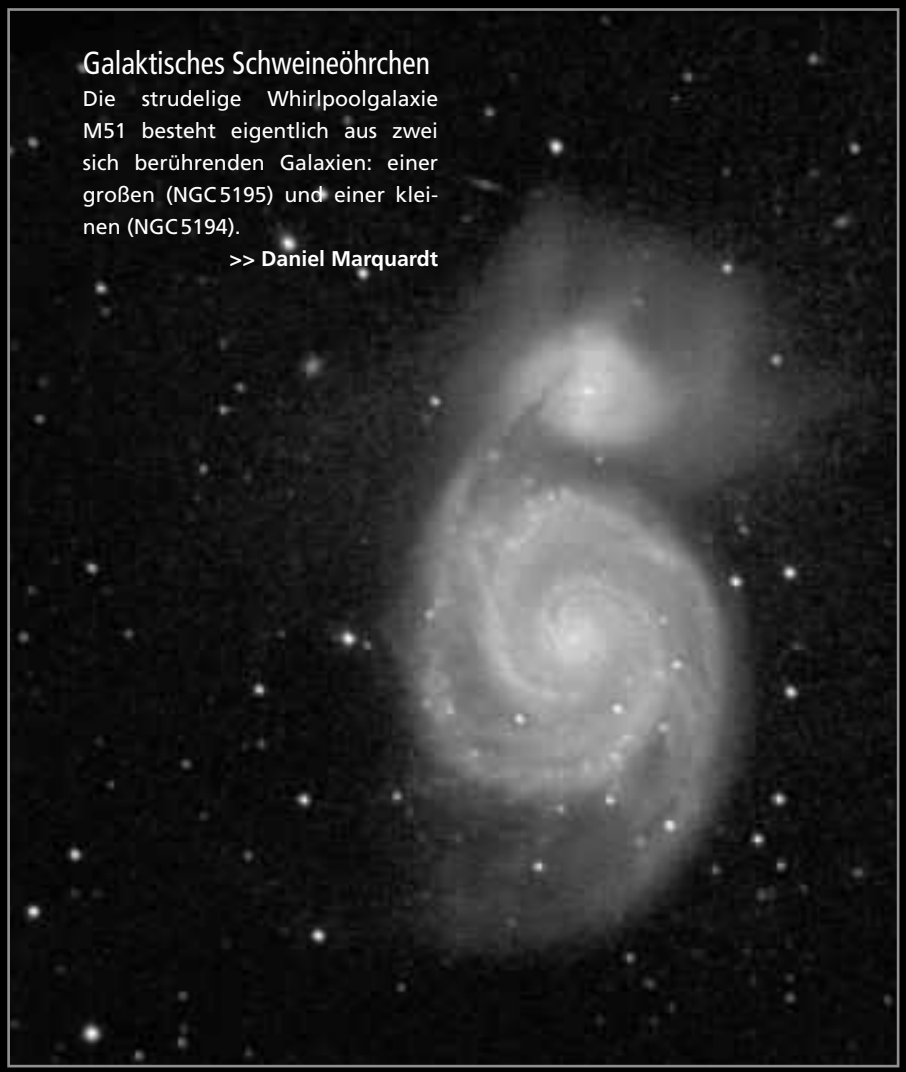
Langsam hüllte der Erdschatten am 28. Oktober den Trabanten ein.

>> Steffen Brückner und Stefan Seip

Galaktisches Schweineöhrchen

Die strudelige Whirlpoolgalaxie M51 besteht eigentlich aus zwei sich berührenden Galaxien: einer großen (NGC 5195) und einer kleinen (NGC 5194).

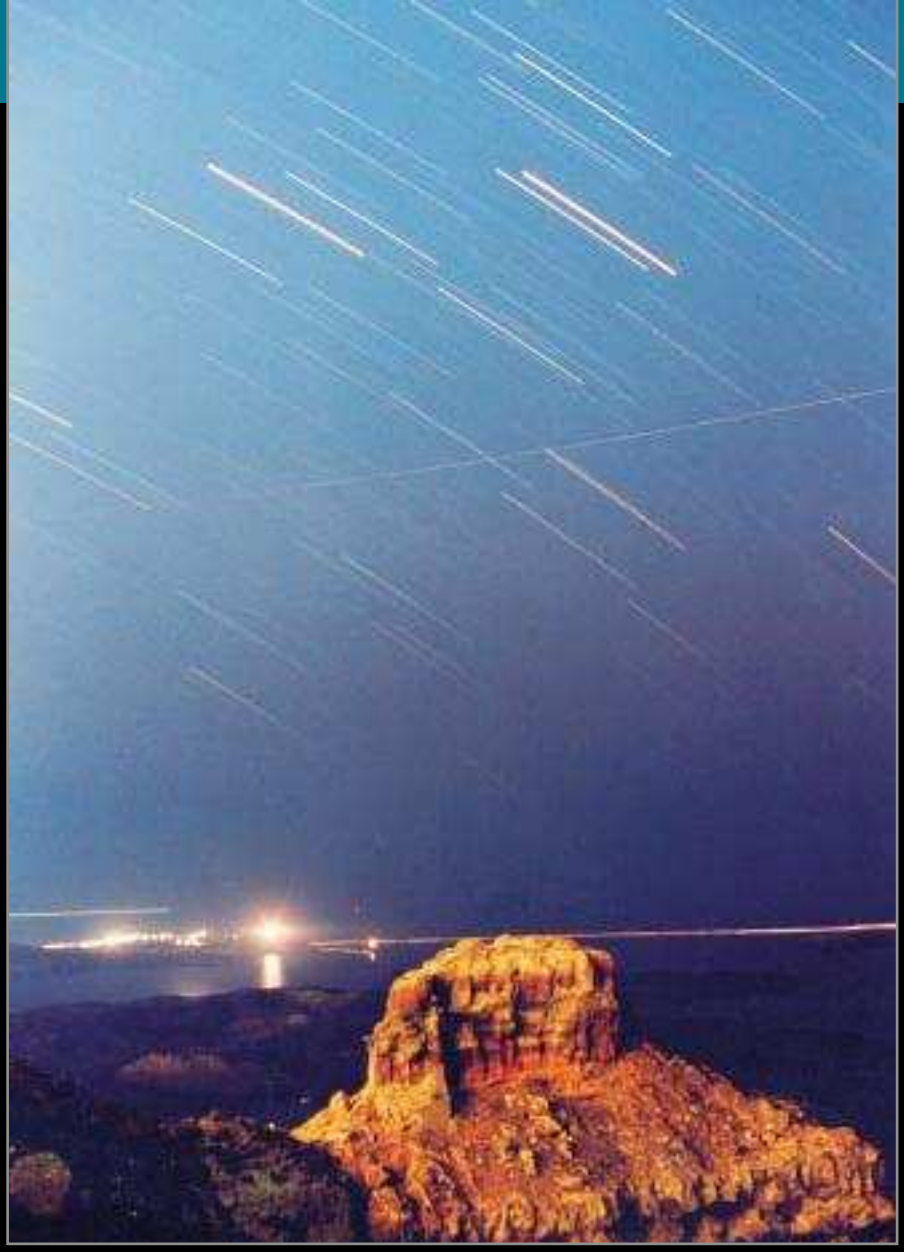
>> Daniel Marquardt



»El Escorpio«

Das Sternbild Skorpion im Glanze eines Polarlichts

>> Jose de Queiroz



Lichterregen auf Santorini

Strichspuraufnahme von Antares und Mars über dem Skarosfelsen in Griechenland

>> Jörg Schlimmer

Mond im Marskostüm

Gar nicht so finster, sondern marsrot erscheint der Mond im Erdschatten auf diesem Bild (Nikon Coolpix 885, Sechs-Zoll-ED-Refraktor).

>>Thomas Payer

Blauer Schwan

Im funkelnden Sternmeer der Milchstraße nimmt der Schwan ein Bad.

>> Martin Wagner

Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg • E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Die Farben der Sterne

Bei genauem Hinsehen können Sie erkennen, dass die Sterne in allen Farben des Regenbogens leuchten – in zarten Rot-, Blau- und Gelbtönen. **>> Phil Plait**

Nachdem Sie Ihr Fernrohr für eine nächtliche Beobachtung aufgestellt haben, steht Ihnen der ganze Himmel offen: Planeten, Nebel, Galaxien – was beobachten Sie als Erstes?

Viele Sternfreunde richten ihre Aufmerksamkeit zunächst auf peppige Objekte wie den Orionnebel oder eine helle Galaxie. Doch ich bevorzuge manchmal weniger Spektakuläres: Ein gewöhnlicher Stern, der in meinem Okular glitzert und funkelt, kann mich eine ganze Weile fesseln.

Einer meiner Favoriten ist die Wega im nördlichen Sternbild der Leier (»Lyra«, Lyr). Sie ist einer der hellsten Sterne und erscheint leicht blaustichig, wenn man sie mit dem bloßen Auge beobachtet. Durch ein Teleskop betrachtet wird Wegas Farbe viel deutlicher und sie sieht aus wie ein Saphir, ein funkelnder, zoelinblauer Edelstein. Ich zeige sie sehr gerne Leuten, die noch nie vorher durch ein Teleskop geschaut haben. Die Reaktion ist fast immer die gleiche: »Wow!«, rufen sie, »sie ist so blau! Ich wusste gar nicht, dass Sterne so starke Farben haben! Ich dachte, alle Sterne wären weiß.« Das ist ein verbreiteter Irrglaube, doch nicht weiter überraschend – denn beobachtet man ohne optische Hilfsmittel, erscheinen tatsächlich fast alle Sterne weiß.

Licht enthält alle Farben des Regenbogens. Doch die Farben, in denen Sterne am hellsten leuchten, sind von Stern zu Stern verschieden – je nach Oberflächentemperatur.

»Alles so schön bunt hier«

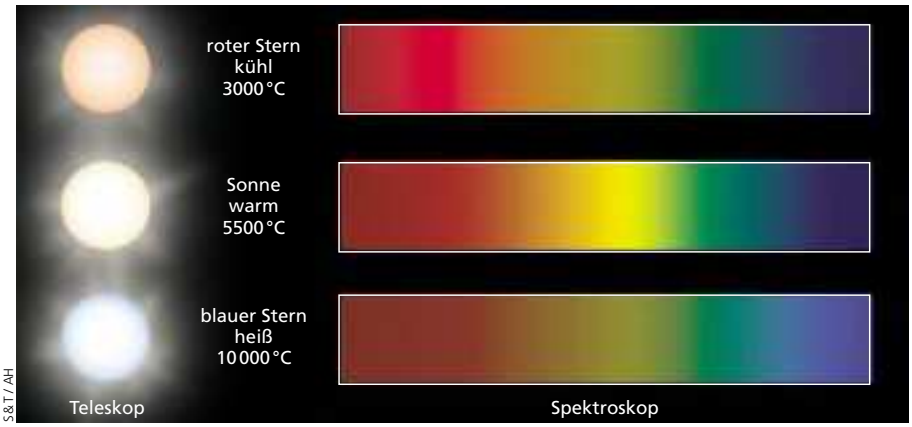
Nur die wenigen wirklich hellen unter ihnen zeigen merkliche Färbungen. Schwächere Sterne sind in unseren Augen farblos.

Warum aber sind manche Sterne farbig und andere nicht? Dafür gibt es im Wesentlichen zwei Gründe: Der eine hat mit den Sternen selbst zu tun, der andere damit, wie wir sie wahrnehmen.

Im 19. Jahrhundert fanden die Astronomen heraus, dass die Farbe eines Sterns ein Indikator für seine Temperatur ist. Vielleicht sind Sie mit diesem Zusammenhang schon vertraut: Erhitzt man beispielsweise eine Eisenstange, glüht diese zunächst rot, dann orange, gelb und schließlich bläulich weiß. Durch die Erwärmung überträgt man Energie auf die Atome, aus denen die Stange besteht. Die Atome reagieren darauf, indem sie Licht aussenden. Je mehr man sie aufheizt, desto energiereicheres Licht geben sie ab. Blaues Licht hat mehr Energie als rotes, also strahlt ein heißes Objekt auch mehr blaues Licht ab als ein kühleres. Letzteres leuchtet mit einem höheren Rotanteil.

Tatsächlich geben Sterne Licht in allen Farben des Regenbogens ab – doch die Temperatur des Sterns bestimmt, welcher Farbton schließlich dominiert. Wenn wir also die Farbe eines Sterns bestimmen, so tun wir im Prinzip nichts anderes, als seine Temperatur zu messen. Ein rötlicher Stern wie Beteigeuze im Orion hat eine relativ kühle Oberflächentemperatur von etwa 3000 Grad Celsius. Wega hingegen leuchtet blau, weil sie glühende 10 000 Grad heiß ist.

Wenn Sie an die Farben des Regenbogens denken, könnten Sie zu dem Schluss kommen, dass ein Stern mit einer Temperatur zwischen diesen Extremwerten grün erscheinen müsste. Sie kennen sogar einen solchen Stern: unsere Sonne. Ihre etwa 5500 Grad heiße Oberfläche



S&T / AH

JOHANNES SCHEDLER

BRIAN MINNIE

emittiert tatsächlich größtenteils blaugrünes Licht.

Warum erscheint die Sonne also nicht türkis? Weil sie auch rot, orange, blau und alle anderen Farben des Regenbogens aussendet! Die Mischung aus all diesen Farben verleiht ihr die gelblich weiße Erscheinung. So funktioniert Licht. Im Unterschied zu Buntstiften oder Wasserfarben bekommen Sie durch Mischung aller Farben des Regenbogens Weiß. Genau wie beim Fernseher. Deshalb gibt es keine Sterne, die grün erscheinen.

Aber was ist mit all den schwachen Sternen am Himmel? Sie erscheinen weiß – heißt das, sie alle haben ungefähr die gleiche Temperatur wie die Sonne? Durchaus nicht. Um das zu verstehen, müssen wir uns selbst in die Augen sehen. Unsere Netzhaut besitzt zwei Arten lichtempfindlicher Zellen. Der eine Typ – die »Stäbchen« – ist für schwaches Licht zuständig und lässt uns leuchtschwache Objekte sehen. Doch die Stäbchen sind farbenblind. Die andere Art – die »Zäpfchen« – gestattet es uns, Farben zu unterscheiden. Das Problem ist nur, dass die Zäpfchen schwaches Licht nicht besonders gut wahrnehmen. Ein Objekt muss also recht hell sein, damit wir seine Farbe erkennen können. Die meisten Sterne liegen unterhalb dieser Helligkeitsschwelle, daher erscheinen sie dem bloßen Auge als weiß.

Weil ein Teleskop Licht bündelt, erscheinen Sterne im Okular heller. Manche – wie beispielsweise Wega – sind dann sogar hell genug, um die Zäpfchen zu kitzeln, und Sie erkennen ihre Farbe. Diese ist aber nicht so kräftig wie bei einem Regenbogen, sondern eher wie ein sanfter Pastellton. Manchmal wird die Farbe deutlicher, wenn Sie am Fokussierrad drehen, um den Stern ein wenig unscharf einzustellen.

Im Sommersternbild Schwan

(»Cygnus«, Cyg) erwartet Sie Albireo (Beta Cygni, β Cyg), ein System aus zwei Sonnen. Die hellere Komponente des Paars hat eine goldene Tönung, während die andere deutlich blau ist. Albireo ist einfach zu finden: Er kennzeichnet den Kopf des Schwans und ist sowohl von vielen Neulingen als auch von erfahrenen Beobachtern ein Lieblingsobjekt.

Orion, der Jäger

(rechte Bildhälfte), beherbergt einige Sterne und den rosa Orionnebel, deren Farben deutlich zu erkennen sind. Lang belichtete Aufnahmen zeigen die Farben der Sterne besonders gut.

Wenn also das nächste Mal der Himmel klar ist und Sie sich nach Aufbau des Teleskops überlegen, auf welches himmlische Paradeobjekt Sie Ihren Blick richten wollen, versuchen Sie es doch einfach einmal mit ein bisschen Star-Hopping. Wenn Sie dann über einen Stern stolpern, der im heißen blauen Licht eines Saphirs oder im kühlen roten Glanz eines Rubins leuchtet, stellen Sie sich vor, dass diese winzigen Lichtpunkte nichts anderes sind als gigantische Thermometer, die einige der grundlegendsten Eigenschaften dieser fernen Sonnen preisgeben.

Oder Sie bewundern einfach die hübschen Farben … <<

Phil Plait ist Astronom und Autor. Er arbeitet an der Sonoma State University in Kalifornien. Von ihm stammt die berühmte »Bad Astronomy«-Homepage (www.badastronomy.com), auf der er auch erklärt, warum die Sonne tatsächlich weiß und nicht gelb ist.

Neues für klare Nächte

Vom Teleskop bis zur Kopflampe alles für die winterliche Beobachtung

Spektiv »Astro 32×110«

>> Die neuen Classic Line Dobson-Teleskope überzeugen durch ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis. Sie werden von der Firma GSO exklusiv für den Teleskopservice Ransburg hergestellt. Der Kunde kann hier zwischen vier unterschiedlichen Öffnungsgrößen – 150, 200, 250 und 300 Millimeter – und verschiedenen Ausstattungen wählen. Das abgebildete CLD 6 mit 150 Millimeter Öffnung und 1200 Millimeter Brennweite bietet dem Anfänger den idealen Einstieg in die Beobachtung. Durch die dünnen Fangspiegelstreben werden Beugungseffekte reduziert und so erhöht sich der Kontrast. Das macht das Teleskop vor allem für die Mond- und Planetenbeobachtung ideal. Bei Jupiter sind Atmosphärendetails oder bei den Saturnringen die Cassinische Teilung sichtbar. Auch viele Deep-Sky-Objekte rücken mit diesem Gerät in die Nähe. Besonders schön für Einsteiger ist die einfache Handhabung der Geräte – aufstellen und sofort losbeobachten. Das CLD 6 wird mit einem 25-Millimeter- und einem 9-Millimeter-Plössl-Okular sowie einem Mondfilter geliefert. Inklusive Montierung kostet es 258 Euro.

Das CLD 8e ist mit 200 Millimeter Durchmesser der nächst größere Bruder des CLD 6. Es besticht durch zwei schöne Neuerungen: Zum einen hat es serienmäßig eine Hauptspiegelbelüftung, die den Spiegel schnell und effektiv abkühlt. Zum anderen sorgt ein Rollenlager in der Azimutachse für ruckelfreie Bewegung. Ein wirklich solider Zwei-Zoll-Okularauszug komplettiert die Ausstattung. Hier besteht das mitgelieferte Zubehör aus einem 25-Millimeter-Plössel-Okular und einem 6 × 30-Sucher mit Schnellkupplung. Der Preis inklusive Montierung liegt bei 338 Euro.

Damit auch Astrofotografie mit diesen Dobsons möglich wird, bietet der Teleskopservice die passenden Rohrschellen zur Montage an eine parallaktische Montierung mit Nachführung für 68 beziehungsweise 89 Euro an. Und um die Freude am Gerät vollkommen zu machen, gibt es auch einen auf das jeweilige Teleskop angepassten Okularkoffer für 139 Euro. Allerdings gilt das Angebot nur beim Kauf eines Teleskops.
www.teleskop-service.de

ALLE BILDER: HERSTELLERFOTOS

Classic Line D6

Vehrenbergs »Classic Line«

>> Eine etwas andere Classic Line hat die Firma Vehrenberg auf den Markt gebracht. Sie besteht aus vier sehr schönen Messingteleskopen im Retrolook.

Die an klassische Vorbilder angelehnten Teleskope Riva, Como, Lugano und Garda sind nicht nur ein stilvolles Schmuckstück, sondern auch zur terrestrischen und astronomischen Beobachtung geeignet. Eine spezielle Lackie-

rung schützt die schweren Messingteile vor Oxidation. Je nach Ausstattung und Objektivdurchmesser kosten die Teleskope zwischen 399 und 699 Euro.
www.vehrenberg.de

>> Starlight Instruments hat seine **Feather-Touch-Auszüge** komplett überarbeitet. Sowohl die Laufschienen, als auch die Lager bestehen jetzt aus gehärtetem Edelstahl. Die Okularauszüge laufen sehr ruhig und haben kein Spiel. Auch sind sie stabiler und haltbarer geworden und zeigen auch bei Langzeittests keine Abnutzungserscheinungen.

Der Adapter wiegt 440 Gramm, die Feststelleinrichtung hält aber bis zu 2,5 Kilogramm ohne zu verkippen. Durch die Mikrountersetzung des eins zu zehn Feintriebs lässt sich der Fokus äußerst genau einstellen. Damit ist der Auszug sowohl für herkömmliche als auch für die CCD-Astrofotografie perfekt geeignet.

Der Okularauszug ist um 360 Grad drehbar. Ein Reduzierstück für 1 1/4-Zoll-Okulare mit Messingspannring ist im Lieferumfang enthalten. Je nach Länge des Fokussierwegs kostet der Auszug 495 (für 38,1 Millimeter), 255 (für 51 Millimeter) und 540 Euro (für 63,5 Millimeter). www.apm-telescopes.de

>> Die Kopflampe Astrostar XB von Eagle Eye Optics ist die Lösung für das Problem, welche Hand die Lampe hält, während ich mein Teleskop aufbaue, die Sternkarte lese oder ins Beobachtungsbuch eintrage.

Eingeschaltet leuchtet zuerst eine rote LED auf schwächster Stufe. Sie kann in mehreren Stufen heller geschaltet werden. Erst ein längerer Druck auf den Tippschalter lässt die erste, ebenfalls regelbare, weiße LED aufleuchten. Mit ihr hat man genug Licht, um sein Teleskop aufzubauen, ohne jemanden dabei zu blenden. Ein längerer Druck auf den Schalter bringt zwei weitere weiße LEDs ins Spiel. So kann der Beobachtungsplatz beim Aufräumen nach liegen gebliebenen Sachen abgesucht werden. Nur auf dieser Stufe kann man die Helligkeit nicht mehr regeln.

Da die Lampe volle drei Volt Spannung benötigt, sind Mignonzellen nötig und Akkus leider nicht einsetzbar. Die Astrostar XB kostet 39 Euro.
www.mushardt.de

Feather-Touch-Auszug

Astrostar XB

>> Die neue Advanced-Montierung von Celestron liegt weit über dem üblichen China-Standard für Montierungen. Deren Ausstattung können Sie nach Ihrem jeweiligen Bedarf frei wählen. Jede Montierung hat ein sehr stabiles Dreibeinstativ, das mit acht Kilogramm Gewicht eine solide Basis bietet. Die von außen aufsteckbaren Motoren bieten mehr Aufrüstungsmöglichkeiten als eingebaute und können zudem manuell fein justiert werden. Ein großer Vorteil für die Astrofotografie sind die sehr präzise gearbeiteten Getriebe sowie der kugelgelagerte Schneckenantrieb und die Stundenachse.

Daraus resultieren sehr gute Nachführungseigenschaften sowie eine hohe Steifheit. Ein Teleskop selbst kann mit einer Schnellkupplungsprismenschiene von Vixen aufgesetzt werden. Die Montierung trägt bis zu zwölf Kilogramm an Gewicht und kostet je nach Ausstattung zwischen 448 und 1120 Euro.
www.celestron.de
www.teleskop-service.de

>> Das Astro 32×110 aus der Astro-Theke ist ein sehr hochwertiges Spektiv mit viel Zubehör. Es verfügt sowohl über einen Binokular- als auch einen Monokularansatz. Sein großzügiger Lichtweg auf Okularseite, kann mit T2-Zwischenstücken verlängert werden und ermöglicht so den Einsatz von Nebelfiltern und anderen Zubehörteilen.

Die mitgelieferten 1¼-Zoll-Okulare sind durch Ihren weiten Augenabstand besonders gut für Brillenträger geeignet. Das Spektiv wiegt nur knapp drei Kilogramm und kann daher über eine kleine ¼-Zoll-Schraube an ein stabiles Fotostativ montiert werden. Es wird im Alukoffer geliefert, hat aber für die schnelle Beobachtung auch eine Bereitschaftstasche aus Stoff dabei. Alles zusammen liegt das Astro 32×110 bei 899 Euro.
www.astro-theke.de

Advanced-Montierung

Ein Fernrohr zu Weihnachten?

Aus der Riesenauswahl an Teleskopen das passende auszusuchen, ist schwer – gerade wenn es Ihr erstes ist. Wir geben Ihnen wichtige Tipps zum Kauf Ihres eigenen Fernrohrs.

>> Ed Ting

Refraktor oder Reflektor? Das große Angebot an Teleskoptypen erschwert die Entscheidung. Bevor Sie sich vom Fachhändler beraten lassen, sollten Sie sich überlegen, was Sie mit ihrem Fernrohr hauptsächlich beobachten möchten.

Geben Sie's zu: Sie hätten gerne ein eigenes Teleskop! Sie haben sich bereits mit dem Sternhimmel befasst, kennen die Sternbilder, besitzen ein Fernglas und wissen, dass man bei manchem Billigangebot vorsichtig sein muss. Womöglich sind Sie auch schon in Sternwarten oder bei Beobachtungstreffen gewesen. Jedenfalls haben Sie sich schon so einiges an Grundwissen angeeignet und wollen nun den Sprung ins kalte Wasser wagen. Wenn Sie sich Anzeigen in ASTRONOMIE HEUTE, anderen Zeitschriften oder Prospekten anschauen, schlägt Ihr Herz höher. Doch welches Teleskop ist das richtige für Sie?

Die Vielfalt an Geräten, die heute auf dem Markt sind, macht einem die Entscheidung nicht gerade leicht. Sollten Sie einen Refraktor, einen Reflektor oder ein Hybridinstrument kaufen, das sowohl Spiegel als auch Linsen besitzt? Genügt es Ihnen, wenn das Fernrohr ausschließlich von Hand nachgeführt werden kann oder brauchen Sie einen Motor? Wie groß sollte das Teleskop sein? Wollen Sie später vielleicht auch Himmelsobjekte durch das Fernrohr fotografieren oder sind computergesteuerte Geräte vielleicht eher etwas für Sie?

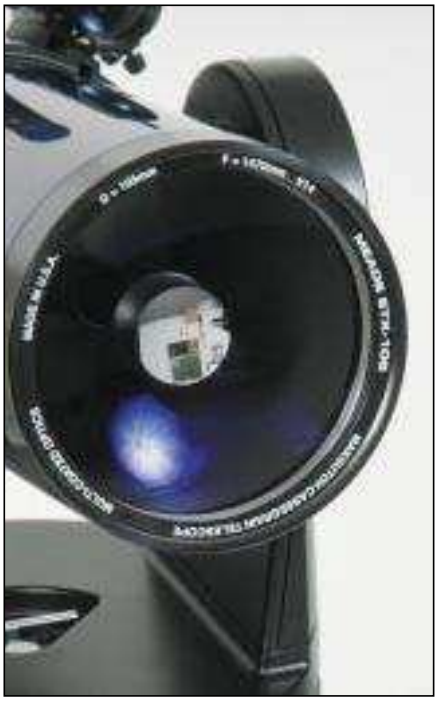
Dieser Artikel will Ihnen eine Entscheidungshilfe sein. Der Kauf eines Fernrohrs unterscheidet sich nicht so sehr von dem eines Autos oder einer Kamera. Es gibt sehr viele grundsätzlich gute Modelle – der Trick besteht darin, dass Sie Ihre Bedürfnisse spezifizieren und sich dann auf eine kleine Auswahl an Kandidaten beschränken.

Was genau ist ein Teleskop?

Die Aufgabe eines Fernrohrs ist, das Licht ferner Objekte zu sammeln und deren Abbild zu vergrößern. Auch wenn verschiedene Gerätetypen das Licht auf unterschiedliche Weise bündeln, wird es grundsätzlich immer von einem Hauptspiegel oder einer Linse gesammelt und in einem Bild fokussiert, das man mit einem Okular vergrößert.

Die wichtigste Aufgabe eines Teleskops ist also Licht zu sammeln. Die meisten Anfänger schenken jedoch der Vergrößerung weitaus mehr Beachtung – dabei ist sie beim Beobachten von Himmelsobjekten zweitrangig. Man >

C. M. UTTER, NIGHT SKY



ALLE DREI BILDER: C.M. UTTER, NIGHT SKY

> kann es sich so verdeutlichen: Wer etwas Kleines in einem dunklen Zimmer sucht, braucht erst einmal Licht – keine Lupe.

Die anderen Kenngrößen eines Teleskops, wie etwa das Auflösungsvermögen oder die maximal sinnvolle Vergrößerung, hängen direkt mit der »Öffnung« zusammen, also mit dem Durchmesser von Objektivlinse beziehungsweise -spiegel. Sind alle anderen Eigenschaften gleich, so sollten Sie sich das Fernrohr mit der größten Öffnung kaufen, das Sie sich leisten können. Viele Anfänger entscheiden sich deshalb für drei bis sechs Zoll (7,5 bis 15 Zentimeter), wobei dies keine unumstößliche Regel ist. Selbst wenn ihr Geldbeutel es zuließe, sollten Sie auch nicht gleich zu einem Riesenteleskop greifen. Das hat einen ganz einfachen Grund: Es kann schnell mühselig werden, so ein Gerät an den Beobachtungsort zu schleppen. Nacht für Nacht macht das keinen Spaß.

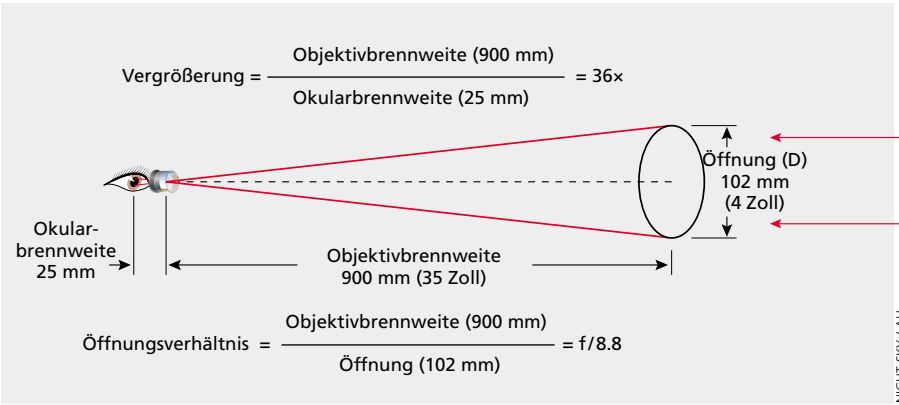
Viele typische Einsteigerobjekte sind ohnehin sehr groß. So zum Beispiel der Andromedanebel: Er erscheint am Himmel rund achtmal so groß wie der Mond. Dennoch wollen Sie sicherlich auch einmal genauer hinsehen. Und für Nahansichten von Planeten, dem Mond oder eines engen Doppelsterns ist die Vergrößerung durchaus von Bedeutung.

Wie wichtig ist die Vergrößerung?

Sie können die Vergrößerung eines Fernrohrs leicht ermitteln: Zunächst benötigen Sie die Brennweite des Okulars, die direkt auf der Hülse steht. Außerdem müssen Sie die Brennweite des Teleskops kennen, die entweder bei der Frontlinse, auf einem Aufkleber nahe dem Okular oder in der Bedienungsanleitung steht. Beide Zahlen sollten in Millimetern angegeben oder umgerechnet werden, sodass sich die Vergrößerung einfach aus der Teleskopbrennweite geteilt durch die Okularbrennweite ergibt. Beispielsweise leistet ein Fernrohr mit 1000-Millimeter-Brennweite in Verbindung mit einem 25-Millimeter-Okular eine 40fache Vergrößerung. Um ein Objekt 100fach vergrößern zu können, braucht man ein Okular mit 10 Millimeter Brennweite.

Die technischen Angaben sind zahlreich und verwirrend. Wichtig ist die Öffnung (Durchmesser, D) des Hauptspiegels oder der -linse sowie die Objektivbrennweite (f, F oder F.L.), anhand der sich die Vergrößerung berechnen lässt.

Die Vergrößerung eines Fernrohrs ermitteln Sie, indem Sie die Brennweite des Hauptspiegels oder der Linse durch die Brennweite des Okulars teilen. Die Einheiten müssen dabei die gleichen sein. Das Öffnungsverhältnis ist eine weitere wichtige Kenngröße: Bei einer bestimmten Öffnung liefert ein geringerer Wert (f/5, zum Beispiel) ein größeres Blickfeld, aber eine geringere Vergrößerung als ein hoher Wert wie f/10.



NIGHT SKY / AH

Geben Sie anfangs nicht dem Drang nach, zu hohe Vergrößerungen zu wählen. Zwar erscheinen die Objekte dadurch deutlich im Okular, aber andere unerwünschte Effekte vergrößert man ebenfalls mit, wie etwa das Wackeln des Teleskops oder die Luftunruhe der Atmosphäre. Die Kunst besteht darin, die richtige Vergrößerung für ein spezielles Objekt in einer bestimmten Nacht zu wählen. Eine Faustregel besagt, dass man mit einem Teleskop bis zur doppelten Öffnung in Millimeter vergrößern können sollte. Dann wäre bei einem 75-Millimeter-Gerät die Grenze bei 150fach und bei einem 200-Millimeter-Teleskop bei 400fach erreicht. Bedenken Sie, dass die maximal sinnvolle Vergrößerung von den örtlichen Gegebenheiten und der Qualität der Optik abhängt. Jedenfalls gibt es nur wenige Fernrohre, die ein befriedigendes Bild bei 675fach liefern – egal, was auf der Verpackung steht.

Brauchen Sie ein computergesteuertes Fernrohr?

Moderne elektronisch gesteuerte Teleskope leisten Erstaunliches. Nachdem Sie Zeit, Datum und Beobachtungsort eingetippt haben, wird ein solches Gerät automatisch auf eines der zigtausend Objekte schwenken, die in seinem Speicher hinterlegt sind. Mit einem einfachen Knopfdruck können Sie sich Details über ihr Beobachtungsziel auf dem Display anzeigen lassen. Die meisten computergesteuerten Teleskope haben auch einen Tourmodus, der Ihnen für die konkrete Nacht interessante Objekte zur Beobachtung vorschlägt. Schließlich können Sie sich sogar eine Spracherkennungssoftware kaufen, damit Sie mit Ihrem Fernrohr sprechen können – und es spricht dann auch mit Ihnen!

Zwei Reflektoren mit 4,5-Zoll-Öffnung, aber: Der linke ist mit einer Brennweite von 910 mm besser für die Beobachtung bei stärkerer Vergrößerung geeignet, während der rechte mit nur 450 mm Brennweite vor allem zur Beobachtung großer Himmelsausschnitte bei geringer Vergrößerung taugt.

Einige Modelle dieser so genannten Go-to-Teleskope sind zwar mit Digitalelektronik ausgestattet, aber nicht mit Motoren. Um damit ein Objekt am Himmel einzustellen, bewegen Sie den Tubus von Hand – die Displayanzeige dient nur als Orientierungshilfe. Das klingt nach Spaß, Bequemlichkeit und Zeitersparnis, und so ist es auch tatsächlich. Mehr noch: Computergesteuerte Fernrohre sind inzwischen so günstig, dass fast jeder sie sich leisten kann. Doch auch wenn solche Geräte recht »intelligent« sind, benötigen Sie noch immer Grundkenntnisse über den Himmel, um sie zu bedienen. Selbst wer ein besonders ausgeklügeltes Go-to-Teleskope besitzt, muss einige helle Sterne identifizieren können, damit der Computer mit dem Himmel synchron läuft.

Wie sieht die Montierung eines Teleskops aus?

Grob gesagt, gibt es zwei Arten von Montierungen: azimutale und parallaktische. Azimutal ist ein pompöser Begriff für eine einfache Montierung, die sich nach rechts und links sowie nach oben und unten schwenken lässt. Um ein Objekt im Gesichtsfeld zu halten, muss das Fernrohr gleichzeitig in beiden Achsen bewegt werden – entweder mittels Motoren oder von Hand.

C. M. UTTER, NIGHT SKY

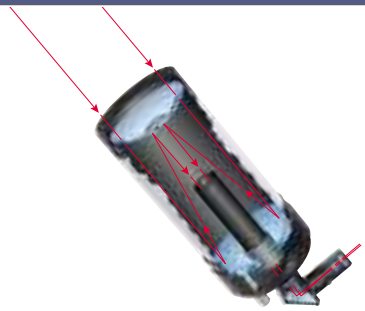
CHUCK BAKER, NIGHT SKY

Anhaltspunkte für Vergrößerungen

Objekt	Typ	Vergrößerungsbereich
Andromeda-Galaxie	großes Deep-Sky-Objekt	15- bis 100fach
Ringnebel M57	kleines Deep-Sky-Objekt	75- bis 200fach
Mond	komplette Scheibe	25fach
	einzelner Krater	100- bis 300fach
Planeten	–	80- bis 300fach

AKIRA FUJII (2), DENNIS DI CICCO (3)

Go-to-Teleskope verfügen über eingebaute Computer und eine Datenbank mit Tausenden von Objekten, die sie selbstständig einstellen können. Plug and play trifft allerdings nicht ganz zu, weil man sie zunächst anhand von hellen Sternen ausrichten muss.

Newton-Reflektor	Refraktor	Schmidt-Cassegrain, Maksutow-Cassegrain
		
Vorteile	**Vorteile**	**Vorteile**
▶ niedrigster Preis pro Zentimeter Öffnung ▶ einfacher Aufbau, leicht zu justieren und zu modifizieren ▶ wegen des Einblicks am oberen Ende reicht ein niedriges Stativ – oder man braucht gar keins, wie beim Dobson	▶ beste Leistung pro Zentimeter Öffnung ▶ gewöhnlich keine Justage notwendig ▶ am wenigsten anfällig für Luftunruhe	▶ kompaktester Tubus ▶ kurzer Tubus lässt sich leicht montieren ▶ Die Höhe des Okulareinblicks variiert am wenigsten ▶ geschlossener Tubus
Nachteile	**Nachteile**	**Nachteile**
▶ muss regelmäßig justiert werden (Kollimation) ▶ durch den offenen Tubus gelangt viel Staub auf die Optik ▶ gewöhnlich der dickste Tubus	▶ höchster Preis pro Zentimeter Öffnung ▶ langer Tubus mit dem Okular am Ende erfordert ein hohes Stativ	▶ relativ hoher Preis pro Zoll Öffnung ▶ erfordert regelmäßige Kollimation ▶ braucht am längsten, um abzukühlen

> Eine Variante der azimutalen Montierung nennt man Dobson. Dabei handelt es sich um eine U-förmige Montierung aus Holz, in deren Schenkel das Fernrohr schwenkbar gelagert ist. Machen Sie sich keine Gedanken wegen fehlender Drehknöpfe und Skalen – Dobsons sind preiswerte, sehr stabile Alternativen zu klassischen Ansätzen mit Stativ.

Parallaktische Montierungen haben ebenfalls zwei Achsen, aber eine davon zeigt zum Polarstern. Dadurch kann man der Himmelsdrehung folgen, wobei man nur eine Achse drehen muss. Diese Art der Montierung war vor dem Siegeszug der Mikroprozessoren weit verbreitet, um die komplexen motorischen Bewegungen zu umgehen, die für die Nachführung eines azimutalen Teleskops nötig sind. Für die Beobachtung sind parallaktische Montierungen immer noch sehr praktisch (besonders bei hohen Vergrößerungen), wenn Sie das Gerät manuell nachführen müssen. Aber ab einer bestimmten Fernrohrgröße sind sie größer, schwerer und teurer als azimutale – und es dauert länger, sie richtig aufzustellen.

Welche Teleskoptypen gibt es?

Unabhängig vom Typ muss eine Montierung stabil und gut konstruiert sein. Die weltbeste Optik nützt nichts, wenn sie auf einer wackeligen Montierung befestigt ist. Bei geringen Vergrößerungen oder sehr kleinen, leichten Fernrohren genügt ein stabiles Fotostativ. Als Faustregel gilt: Ihre Montierung sollte mindestens so viel wiegen wie Ihr Teleskop – im Idealfall sogar doppelt so viel.

Montierungen werden oft zusammen mit den Fernrohren ausgeliefert, aber viele Geräte, vor allem hochwertige Refraktoren, werden auch einzeln verkauft. Wenn Sie also eine kleine azimutale Montierung suchen, sollten Sie sich in einem Fotofachgeschäft Stative mit Fluidneigekopf anschauen – damit lässt sich sehr gleichmäßig nachführen. Oder ziehen Sie eine echte astronomische Montierung in Betracht, etwa Celestrons CG-5.

Ein Refraktor ist das, was sich die meisten Menschen unter einem Fernrohr vorstellen. Am vorderen Ende des Tubus sammelt eine Linse das Licht und das >

ALLE BILDER DIESER SEITE: C. M. UTTER, NIGHT SKY

Mit einer azimutalen Montierung (links) lässt sich ein Teleskop nach rechts und links sowie nach oben und unten schwenken. Der Aufbau erfolgt schnell und die Bedienung ist intuitiv. Bei einer parallaktischen Montierung (rechts) muss man nur eine Achse drehen, um nachzuführen. Damit das sauber funktioniert, muss sie allerdings zuvor auf den Polarstern ausgerichtet werden.

ANZEIGE

C. M. UTTER, NIGHT SKY

Was man überprüfen sollte

- Lässt sich die Montierung in beiden Achsen feinfühlig bewegen?
- Hört das Fernrohr schnell auf zu wackeln, wenn man es angestoßen hat? (Prüfen Sie das, während Sie durch ein hoch vergrößerndes Okular schauen.)
- Ist der Sucher leicht zu justieren und zu benutzen, wenn das Fernrohr nach oben zeigt?
- Sieht man scharfe Bilder bis zum Bildfeldrand, wenn man verschiedene Okulare verwendet?
- Ist der Okulareinblick im Sitzen bequem möglich?
- Läuft der Okularauszug »stramm« (vor allem bei hohen Vergrößerungen wichtig)?
- Lassen sich Fernrohr und Montierung bequem tragen und einfach aufbauen?

> Bild betrachtet man mittels eines Okulars am hinteren Ende des Tubus.

Refraktoren haben den Vorteil, dass ihr Strahlengang abschattungsfrei ist, das heißt, es befinden sich keine weiteren Komponenten vor dem Objektiv, die einfallendes Licht abhalten und Bildartefakte erzeugen könnten – ein Vorteil gegenüber den meisten anderen Teleskopdesigns. Refraktoren sind weit gehend wartungsfrei und vor allem muss man sie nicht regelmäßig justieren. Zudem sind sie recht unempfindlich gegenüber Temperaturänderungen.

Leider sind Refraktoren auch die teuersten Teleskope und bei Öffnungen von mehr als vier Zoll (100 Millimeter) sperrig und schwer. Außerdem leiden alle, bis auf die teuersten Modelle, unter chromatischer Aberration, einem Farbfehler, der sich in blau-lila Halos um helle Objekte bemerkbar macht. Manch ein perfektionistischer Hobbyastronom ist aber durchaus bereit, Tausende von Euro auszugeben, nur damit ein kleiner, lila Farbring verschwindet. Gute Refraktoren kosten zwischen 1000 und 1500 Euro pro Zoll Öffnung. Zwar gibt es auch günstige Angebote in Kaufhäusern, die aber wenig empfehlenswert sind. Trotzdem wurde durch die jüngsten Importe günstiger Geräte aus der ehemaligen Sowjetunion und Asien der Besitz eines qualitativ guten Refraktors für viele Amateure möglich.

Wenn Sie bereit sind, einen Refraktor zu kaufen, sollten Sie eines der folgenden Geräte in Betracht ziehen, die für die dutzende Modelle repräsentativ sind, die es heute auf dem Markt gibt:

Der Celestron C4-R ist ein Vier-Zoll-Refraktor mit f/10 und wird mit parallaktischer Montierung geliefert. Ein solides Gerät für 450 Euro.

Das Orion 80 ED, ein beliebtes kleines Achtzig-Millimeter-Teleskop (f/7,5), lässt sich als terrestrisches Fernrohr, Reisefernrohr und Zweitgerät verwenden. Es wird mit Montierung (1000 Euro) und ohne (490 Euro) verkauft.

Meade ETX-70AT ist ein Siebzig-Millimeter-Refraktor (f/5; 300 Euro) mit computergesteuerter Montierung und Motoren. Die Datenbank enthält 1400 Objekte.

Der Newton-Reflektor

Der Newton-Reflektor sammelt Licht mit einem konkaven Spiegel und fokussiert es in einem Bild nahe des vorderen Tubusendes, das mit einem kleinen Sekundärspiegel rechtwinklig umgelenkt wird. Erfunden hat diesen Teleskoptyp Isaac Newton. Viele Anfänger tun sich mit der Vorstellung schwer, seitlich in den Tubus hineinzuschauen, aber wenn man sich erst einmal daran gewöhnt hat, ist es recht bequem.

Reflektoren haben den Vorteil, dass sie bei gleicher Öffnung unter allen Tele-

Refraktor vs. Reflektor Etwa gleich im Preis sind diese beiden Geräte – geeignet für Einsteiger.

Celestron Advanded Series C4-R

Edmund Scientific Astroscan

skopen die günstigsten sind. Sie stellen die Farben außerdem fehlerfrei dar, da Spiegel anders als Linsen keine chromatische Aberration verursachen. Dafür sind sie jenseits von 25 Zentimeter Öffnung schon ziemlich sperrig und sie müssen regelmäßig justiert werden. Dieses Kollimieren dauert nicht länger als fünf bis zehn Minuten – abhängig davon, wie viel Übung Sie haben und wie pingelig Sie sind. Wenn Sie sich für einen Reflektor entscheiden, dann schauen Sie sich diese Modelle näher an:

Der **Edmund-Scientific-Astroscan** sieht abgefahren aus, aber diese rote Kugel mit Zehn-Zentimeter-Öffnung und f/4 (400 Euro) gibt es nun schon seit Jahrzehnten auf dem Markt. Es gibt kein Stativ, um das Okular auf Augenhöhe zu bringen, aber man kann das Gerät einfach auf einen Tisch oder ein stabiles Fotostativ stellen.

Kombiteleskope

Ein Fernrohr, das mit einer Kombination aus Linsen und Spiegeln arbeitet, um Licht zu sammeln, bezeichnet man als katadioptrisches System. Allerdings werden Sie auf diesen Ausdruck selten stoßen, wenn Sie nicht gerade ein Buch über Optik lesen. Solche Kombigeräte sind inzwischen sehr populär, wie etwa das Schmidt-Cassegrain- oder das Maksutow-Cassegrain-Teleskop. Bei diesen Instrumenten fällt das Licht durch eine Korrekturlinse und wird, wie beim Newton, von einem Spiegel am Ende des Tubus reflektiert und gebündelt. Dann trifft das Licht auf einen Sekundärspiegel im vorderen Teil des Tubus, der es wiederum nach hinten durch ein Loch in der Mitte des Hauptspiegels schickt. Der Brennpunkt des Geräts liegt am hinteren Ende, wie bei einem Refraktor.

Aus dieser Anordnung resultiert ein sehr kompaktes System: Der Tubus eines typischen Schmidt-Cassegrains hat beispielsweise nur ein Drittel der Länge eines vergleichbaren Newton-Tubus. Die Kombigeräte sind am häufigsten von allen Teleskoptypen mit einer Computersteuerung und anderen praktischen Hilfsmitteln ausgestattet. Allerdings hängt die optische Leistungsfähigkeit eines Schmidt-Cassegrains sehr stark von seiner Kollimation ab – und solche Geräte kosten mehr als Reflektoren mit gleichem Öffnungsdurchmesser – aber im- >

Entscheidungshilfen

Am besten schätzt man seine Interessen zunächst ein, bevor man ein Teleskop kauft. Vielleicht passen Sie ja in eine der folgenden Kategorien:

> Sie haben keine speziellen Vorlieben bei der Beobachtung und wollen sich sowohl Mond und Planeten als auch Doppelsterne, Nebel und Sternhaufen anschauen.

Sie wären dennoch bereit etwas mehr zu investieren, damit das Fernrohr mit Ihren wachsenden Ansprüchen mithalten kann? Dann könnte Ihnen ein Zwanzig-Zentimeter-Schmidt-Cassegrain von Celestron oder Meade zusagen. Diese Teleskope lassen sich für die meisten Beobachtungen einsetzen. Sie sind kompakt, aufrüstbar und verfügen über ein umfangreiches Zubehörprogramm.

> Sie wollen sich vor allem Mond, Planeten und Doppelsterne anschauen. Hohe Vergrößerungen bei Saturns Ringen oder bei einem Mondkrater sind Ihr Ding, aber Sie wollen keine schwachen Galaxien aufspüren. Dann könnte ein Maksutow-Cassegrain von Meade für Sie in Frage kommen – oder ein hochwertiger Refraktor, wie etwa eines der im Text beschriebenen Modelle. Eine stabile Montierung ist wichtig, weil sich sonst keine Details auf einer Planetenoberfläche erkennen lassen.

> Sie sehnen sich nach Deep-Sky-Objekten, weit jenseits des Sonnensystems. Beim Anblick von Sternhaufen, schwach leuchtenden Nebeln und fernen Galaxien schlägt Ihr Herz höher. Dann könnte ein großer Dobson-Reflektor für Sie in Frage kommen, wie er von verschiedenen Herstellern angeboten wird. Wenn Sie die Deep-Sky-Beobachtung ernsthaft betreiben wollen, sollten Sie ein Instrument mit 25 bis 30 Zentimeter Öffnung in Betracht ziehen, sofern es Ihr Budget (und Ihre Garage) zulässt. Reflektoren kosten weniger pro Zentimeter Öffnung als andere Designs, sodass Sie das Maximum an Lichtsammelvermögen für Ihr Geld bekommen.

> Sie wollen nur »hineinschnuppern«. Zwar waren Sie immer am Nachthimmel interessiert, aber Sie haben nicht die Mittel, sich ein Fernrohr zu leisten, oder sind sich nicht sicher, ob Ihr Interesse wach bleibt. Dann könnte ein Dobson mit 15 Zentimeter Öffnung oder ein kleiner Refraktor für Sie interessant sein.

(1) Meade ETX-70AT

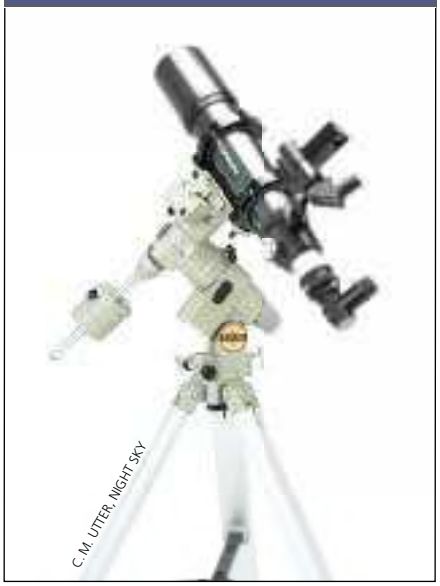
(2) Meade ETX-105AT

(3) Orion StarMax 127 EQ

Typen Go-to-Refraktor (1) für 300 Euro, zwei Maksutow-Cassegrains, eines mit Computersteuerung (2) und eines ohne (3) sowie ein Go-to-Schmidt-Cassegrain (4) mit 40 000 Himmelsobjekten im Speicher und ein Refraktor (5), der auch als terrestrisches Fernrohr brauchbar ist

(4) Celestron NexStar 5i

(5) Orion 80 ED



> mer noch weniger als vergleichbare Refraktoren.

Wenn Sie sich mit dem Kauf eines Kombiteleskops befassen, sollten Sie folgende Fernrohre in Betracht ziehen:

Der **Meade ETX-105AT**, ein 105-Millimeter-Maksutow-Cassegrain-Teleskop (1079 Euro), ist leicht zu bedienen und wird mit einem guten Stativ sowie einer computergesteuerten Montierung geliefert, die 30 000 Objekte in der Datenbank hat. Meade fertigt auch 90-Millimeter- und 125-Millimeter-Modelle (799 beziehungsweise 1499 Euro).

Den **Celestron NexStar 5i**, ein 125-Millimeter-Schmidt-Cassegrain, gibt es seit Jahrzehnten in verschiedenen Ausführungen. Das aktuelle Modell (1875 Euro) hat eine computergesteuerte Montierung mit 40 000 Objekten in der Datenbank sowie ein stabiles Stativ.

Mit dem **Orion StarMax 127 EQ** sollten Sie es probieren, wenn Sie auf eine Computersteuerung verzichten können. Die parallaktische Montierung dieses 125-Millimeter-Maksutow-Cassegrains kann mit einem Motor für die automatische Nachführung nachgerüstet werden.

Auch wenn Sie jetzt bereits wissen, worauf es beim Kauf Ihres ersten Teleskops ankommt, werden Sie leicht verwirrt sein – vielleicht sogar überfordert, wenn das gute Stück endlich vor Ihnen steht.

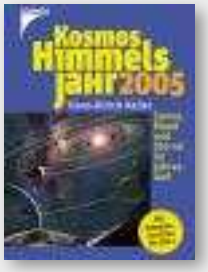
Der erste Blick durchs eigene Teleskop

Es gibt so viel zu sehen und zu tun, dass man gar nicht weiß, wo man anfangen soll. Entspannen Sie sich! Das ist ganz normal. Vergessen Sie nicht, Sie haben sich ein Hobby ausgesucht, das wirklich alles umfasst. Nehmen Sie sich Zeit – dann werden sich auch bald die ersten Erfolgserlebnisse einstellen.

Unser Tipp: Ihre erste Beobachtungsnacht wird erfolgreicher, wenn Sie sich vor der Lieferung Ihres Fernrohrs ein bisschen vorbereiten. Machen Sie sich in einer klaren Nacht mit den hellen Sternen und Sternbildern vertraut. Dabei hilft Ihnen die Monatssternkarte in dieser Ausgabe.

Solch einfache Übungen zahlen sich später aus. Nachdem Sie sich am Firmament schon ein wenig auskennen, sollten Sie den Himmel mit einem Fernglas und einer Sternkarte anschauen. So sind Sie gut vorbereitet, wenn Ihr Teleskop bei Ihnen ankommt. <<

Ed Ting bezeichnet sich selbst als teleskopsüchtig. Auf seiner englischsprachigen Homepage www.scope-reviews.com gewährt er weitere Einblicke in die Welt der Fernrohre.



Hans-Ulrich Keller

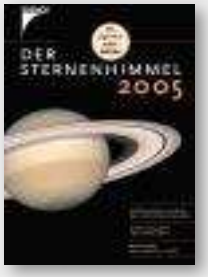
Kosmos Himmelsjahr 2005
Sonne, Mond und Sterne im Jahreslauf

Kosmos-Verlag, Stuttgart 2004
272 Seiten mit 262 Grafiken und Fotos
ISBN 3-440-09792-7
14,95 €
DeLuxe-Version mit CD-ROM in Geschenkbox: 24,90 €

Thorsten Neckel und Oliver Montenbruck

Ahnerts Astronomisches Jahrbuch 2005
Die wichtigsten Ereignisse im Überblick

Verlag Sterne und Weltraum, Spektrum der Wissenschaft
Heidelberg 2004
196 Seiten mit zahlreichen Fotos und Abbildungen
ISBN 3-936-27864-4; ISSN 1612-2410
9,80 €



Hans Roth

Der Sternenhimmel 2005
Astronomisches Jahrbuch für Sternfreunde

Kosmos-Verlag, Stuttgart 2004
346 Seiten mit zahlreichen Abbildungen
Gebunden mit Schutzumschlag, ISBN 3-440-09795-1
24,90 €

Jahrbuch-Vergleich

Auch im Zeitalter digitaler Sternkarten und Planetariumssoftware leistet ein Jahrbuch in gedruckter Form noch gute Dienste. Welche Sternbilder sind zu sehen? Wann ist Saturn am besten zu beobachten? Um welche Uhrzeit geht die Sonne unter und wann endet die bürgerliche Dämmerung? Antworten auf solche Fragen liefern alle drei der hier besprochenen Jahrbücher. Und dennoch gibt es gravierende Unterschiede.

Das **»Himmelsjahr«** aus dem Kosmos-Verlag ist dank seines handlichen DIN-A5-Formats während der Beobachtung ein unkomplizierter Begleiter. Leicht verständliche Texte und Einführungen ermöglichen auch dem Neuling den problemlosen Start, während der fortgeschrittene Amateur eine Fülle von sehr gut aufbereiteten Daten findet. Der konsequente Einsatz von farbigen Elementen trägt nicht nur zum gefälligen Erscheinungsbild bei, sondern sorgt schon nach kurzer Zeit für eine fast intuitive Handhabung des Jahrbuchs. Sollte das Wetter einmal keine Beobachtung zulassen, so kann man das »Monatsthema« lesen: Hier wird jeweils ein astronomisches Thema in einem mehrseitigen Aufsatz erschöpfend behandelt. Am Ende des Buchs sind umfangreiche Tabellen mit den Himmelskoordinaten von Planeten und Kleinplaneten sowie Daten zu Sternbedeckungen des Monds versammelt. Das Himmelsjahr wird in Verbindung mit einer CD-ROM auch als De Luxe-Ausgabe verkauft.

»Ahnerts Astronomisches Jahrbuch« oder kurz »Der Ahnert« erschien erstmals 1948 unter dem Titel »Kalender für Sternfreunde«. Lange Zeit im DIN-A5-Format, kommt das Jahrbuch 2005 schon im zweiten Jahr als DIN-A4-Heft daher. Das schränkt den Einsatz bei Nacht am Teleskop zwar etwas ein, hat andererseits aber auch Vorteile: So wurde das Format für eine außerordentlich üppige Bebilderung genutzt. Die zahlreichen, überaus gelungenen Farbfotos stammen ausnahmslos von Amateurastronomen. Zu allen Bildern werden die wichtigsten Aufnahmedaten erwähnt, sodass neben dem Augenschmaus für den aktiven Astrofotografen auch eine wertvolle Informationsquelle zur Verfügung steht. Jede Monatsübersicht wird mit einem allgemeinen Kapitel eingeleitet, gefolgt von Absätzen zu Mondlauf, Sichtbarkeit der Planeten, Beschreibung des aktuellen Sternhimmels mit sichtbaren Doppelsternen und Deep-Sky-Objekten. Den Monatsabschluss bilden Tabellen mit den Auf- und Untergangszeiten von Sonne und Mond. Der letzte Abschnitt enthält ein umfangreiches Tabellenwerk mit Planetenephemeriden, den Jupitermond-Erscheinungen, Beschreibungen von Finsternissen und Sternbedeckungen durch den Mond. Sogar Begegnungen der Kleinplaneten mit helleren Sternen werden dabei nicht vergessen.

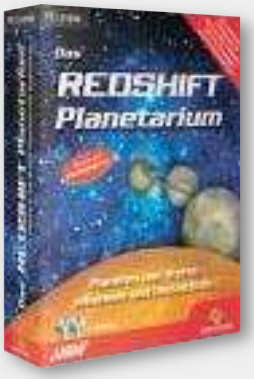
»Der Sternenhimmel 2005« beschreitet einen anderen Weg. Im DIN-A5-Format und einem einfachen Design stehen hier weniger Fotos als Daten und Fakten für den Sternfreund im Mittelpunkt. Zielgruppe ist der erfahrene Beobachter. Als einziges Jahrbuch bietet das Werk für jeden einzelnen Tag des Jahres eine stichwortartige Zusammenfassung von Himmelsereignissen. Sogar die für das Aufsuchen von Deep-Sky-Objekten besonders geeigneten Nachtstunden sowie mondlose Abende werden speziell erwähnt. In der Jahresübersicht sind Hinweise zu 14 Kleinplaneten, Sternbedeckungen durch den Mond und die Sichtbarkeit von bekannten Kometen enthalten. Alle Schaubilder und Aufsuchkarten sind in Schwarz-Weiß, erfüllen aber ihren Zweck.

Zusammenfassung: Auf Grund der Verschiedenheit der drei Jahrbücher ist es nicht möglich, einen Sieger zu küren. Vieles ist Geschmackssache und hängt damit von persönlichen Vorlieben ab. Das Himmelsjahr ist der klassische Allrounder, der einer großen Bandbreite von Anforderungen gerecht wird. Ahnerts Astronomisches Jahrbuch steht bei der Datenfülle sicher nicht hintenan, ist aber zugleich auch etwas fürs Auge. Den »Sternenhimmel« werden diejenigen schätzen, die sich nicht mühsam die Informationen für eine Beobachtungsnacht an verschiedenen Stellen zusammensuchen möchten. Wer die Wahl als Qual empfindet, kann sich auch ohne Reue für zwei Produkte entscheiden. Besonders geeignet erscheinen mir hier die Kombinationen Himmelsjahr / Ahnert oder Sternenhimmel / Himmelsjahr.

>> Stefan Seip

Alle rezensierten Bücher können Sie bei wissenschaft-online.de bestellen

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869



Redshift Planetarium
Planeten und Sterne erkennen und beobachten

United Soft Media, München 2004
2 CD-ROMs; ISBN 3-8032-1734-2
29,90 €; 19,90 € für ASTRONOMIE-HEUTE-Leser
Systemvoraussetzungen: Win98/ME/2000XP
Athlon/Pentium ab 300 MHz
mind. 64 MB Arbeitsspeicher; Grafikauflösung: 800 × 600
12-fach CD-ROM
890 MB freier Festplattenspeicher, 16 Bit Audiokarte

Fundgrube

Jeder Astronomiebegeisterte besitzt heute ein Planetariumsprogramm, um damit den Anblick des Himmels zu einer beliebigen Zeit und für einen beliebigen Ort simulieren zu können. Mit ihm gewinnt man vor der Beobachtungsnacht oder gar unterwegs auf dem Laptop schnell einen Überblick, welche Sternbilder nach Einbruch der Dunkelheit zu sehen sind, wo sich gerade Mond und Planeten befinden und ob ein heller Komet am Himmel steht.

Redshift Planetarium geht aber weit darüber hinaus: Mit diesem Programm können Sie sich die Milchstraße, Deep-Sky-Objekte, Asteroiden, Doppelsterne, veränderliche Sterne, Meteorschauer und sogar Erdsatelliten anzeigen lassen, auf Wunsch sogar die Sternbilder in figürlicher Darstellung – ein Feature, das vielen anderen Planetariumsprogrammen fehlt.

Die Himmelsansicht wirkt außerordentlich realistisch: Helle Sterne werden mit Strahlen dargestellt und der Dämmerungsverlauf nach einem Sonnenuntergang ist fast filmreif. Perfekt wird die Illusion durch eine zuschaltbare Geräuschkulisse, etwa »Nachtigall« oder »Wald«.

Diese etwas verspielt anmutenden Details dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass präzise Berechnungen auf der Basis von aktuellsten Katalogen die Position der Gestirne ermitteln. Selbst erfahrene Sterngucker geraten ins Staunen darüber, welche Fülle von Daten zu jedem Objekt verfügbar ist. Zoomt man beispielsweise auf den Mond, ist man nicht nur von der detaillierten Oberflächenansicht überrascht, sondern erfährt sogar die Namen der Krater.

Das Programm ist hervorragend geeignet, um eine Beobachtungsnacht zu planen. Die Sternkarten lassen sich in guter Qualität ausdrucken, wobei allerdings auf jedem Ausdruck ein großes Redshiftlogo prangt. Eine große Hilfe ist der »Himmelskalender«, der auf Mausklick alle wichtigen astronomischen Ereignisse für den jeweiligen Monat auflistet. Ein Doppelklick genügt, um die entsprechende Himmelsansicht zu generieren. Updates im Internet stellen sicher, dass man stets aktuelle Daten verwendet und auch sicher keinen gerade neu entdeckten Kometen versäumt.

Redshift Planetarium ist ein multimediales Lehrbuch und Astronomielexikon. Auf der dieser Ausgabe von ASTRONOMIE HEUTE beiliegenden CD-ROM (siehe S. 39) werden in zahlreichen Führungen und Exkursionen Entstehung, Aufbau und Entwicklung des Universums, der Galaxien, von Sternen und Planeten erklärt. Filmsequenzen mit gesprochenem Text visualisieren die Bewegungen der Himmelskörper. Diese ergänzen eine große Sammlung von Videosequenzen und eine umfangreiche Fotogalerie. Das Lexikon ist auf einem erfreulich aktuellen Stand und kennt sowohl »Quaoar« als auch das »Large Binocular Telescope«.

Das Programm bietet sowohl kurzweilige Unterhaltung als auch einen enormen Wissensschatz. Nach kurzer Einarbeitung ist es eine Fundgrube für jeden Sternfreund. Was die Vielfalt seiner Möglichkeiten angeht, wird Redshift Planetarium dabei von keiner anderen Software übertroffen. Nur bei der Berechnung von Vorgängen, bei denen es um extreme Präzision geht – etwa der streifenden Bedeckung eines Sterns durch den Mond –, muss sich Redshift anderen Produkten geschlagen geben. Das jedoch dürfte nur für hoch spezialisierte Hobbyastronomen relevant sein. >> Stefan Seip

Lebendige Geschichte

Percy A. Seymour, Dennis Henry Bacon
Das Ticken des Kosmos
Streifzüge durch die Ideengeschichte der Astronomie

Elsevier/ Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2004
342 Seiten mit 145 Abbildungen
Gebunden mit Schutzumschlag,
ISBN 3-827-41544-6
30,– €

Das Ticken des Kosmos« beschreibt den Einfluss des stetig wachsenden Wissens über den Aufbau des Sonnensystems auf heute alltägliche Dingen. Historische Funde belegen, dass im Jahr 1000 v. Chr. in Ägypten zuerst ein Mond- und später ein Jahreskalender verwendet wurden. Bereits zu dieser Zeit teilten die Menschen den Tag in kleinere Einheiten ein. Erst später kam es zur heute üblichen Einteilung in Stunden und Minuten. Auch die Geschichte der genauen Zeiterfassung und die Entwicklung von der Sonnenuhr über mechanische Uhrwerke bis hin zur Atomuhr wird intensiv behandelt. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Darstellung der Planetenbewegung. Mit Armillarsphären konnten die Positionen von Sonne, Mond und den hellsten Planeten dargestellt werden. Durch ihren unterhaltsamen Schreibstil und die zahlreichen Abbildungen lassen die Autoren Astronomiegeschichte lebendig werden. >> Stefan Ueberschaer

TV-PROGRAMM

Sonntag, 19. Dezember

Die Wiege des Universums
Eine gigantische Explosion erschüttert das Universum – eine Supernova. Wenn ein Stern stirbt, verteilen sich Staub und Gas im Weltraum. Daraus entsteht später ein neuer Stern
N24, 15.15 Uhr
Wdh. am 20.12. um 5.02 Uhr

Montag, 20. Dezember

Was Einstein noch nicht wusste – Das Rätsel des Universums (3/3)
Die »Weltformel« soll die grundlegenden physikalischen Gesetze des Universums umfassen. Was ist Raum, was ist Zeit? Physiker und Bestsellerautor Brian Greene begibt sich auf eine Reise an die Grenzen unserer Vorstellungskraft
PHOENIX, 20.15 Uhr
Wdh. am 21.12. um 7.30 Uhr

ANDREA GROSS / PHOENIX / NDR

Dienstag, 21. Dezember

Kronzuckers Welt:
Gefahr aus dem All – Einschlag in Manhattan
Würde die Erde von einem Meteoriten getroffen, gäbe es kein Entrinnen
N24, 20.05 Uhr

Mittwoch, 22. Dezember

Die Reise zum Mars
Was wäre, wenn sich der Mensch außerhalb der Erde eine neue Heimat suchen müsste? Der Mars scheint eine interessante und realistische Option zu sein
N24, 21.15 Uhr

ALPHA-CENTAURI: Wieso ist das Universum so dunkel?
Mit Harald Lesch
Bayern alpha, 22.45 Uhr
Wdh. am 23.12. um 9.30 Uhr

Freitag, 24. Dezember

Alpha-daily – Viertel vor ...
Die Tagesschau vom 24. Dezember 1979: Ariane-Rakete erstmals ins All gestartet
Bayern alpha, 19.45 Uhr

Das Schicksal des Universums
Wissenschaftler arbeiten weltweit an der Frage, welches Schicksal das Universum und die Menschheit langfristig erwarten. Eine große Reise ins Unbekannte
N24, 21.45 Uhr
Wdh. am 25.12. um 2.02 Uhr

Sonntag, 26. Dezember

BBC Exklusiv: Projekt Poltergeist – Neutrinos verzweifelt gesucht
Dokumentation, GB 2004
VOX, 9.35 Uhr

Dienstag, 28. Dezember

Perlen des Nordens (2/4)
Von Spurensuchern und Sternenfängern
Der Astronom Thomas Reiter verbrachte ein halbes Jahr im Weltraum und berichtet von seinen Erlebnissen
hessen fernsehen, 12.45 Uhr

Samstag, 1. Januar

Alpha-Forum:
Harald Lesch, Astrophysiker
Moderation: Florian Hildebrand
Bayern alpha, 20.15 Uhr

Dienstag, 4. Januar

Terra X: Das Amerika-Rätsel
Auf Geheimkurs in die Neue Welt
1473 machten sich zwei erfahrene deutsche Kapitäne im Auftrag des Herrschers von Dänemark auf, über Island nach Grönland zu segeln, um von dort aus den Weg nach Asien zu finden. Als Hilfsmittel kannten sie nur den Magnetkompass
3sat, 12.10 Uhr

Naturwelten
Der geheimnisvolle See unter ewigem Eis
Der Wostok-See ist 15 Millionen Jahre alt und liegt 4000 Meter unter dem Inlandeis der Antarktis. Wissenschaftler hoffen auf Informationen über die Entstehung des Lebens
hessen fernsehen, 17.15 Uhr

Donnerstag, 6. Januar

Magische Nächte
Von Menschen und Sternen
Film von Ellen Kleyla
ZDF, 17.50 Uhr

Freitag, 14. Januar

Planet Wissen:
Was die Zukunft bringt – Prognosen auf dem Prüfstand
»Planet Wissen« zeigt, wie Forscher in die Zukunft blicken, wie weit ihre Prognosen reichen können und was aus früheren Vorhersagen geworden ist
SWR, 14.00 Uhr

Sonntag, 20. Februar

hitec – Auf der Suche nach der Dunklen Materie
Drei Physiker wollen 3000 Meter unter der Erde ein Teilchen der Dunklen Materie nachweisen, die das Universum zusammenhält. Gelingt ihnen das nicht, müssten die Theorien von Newton bis Einstein neu geschrieben werden
3sat, 16.00 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

Dezember 2004/Januar 2005: In seinem Hauptprogramm »Rätsel Zeit« beleuchtet das Mannheimer Planetarium zum Jahreswechsel alles rund um die Zeitmessung. Am künstlichen Sternhimmel wird erklärt, was Zeit für die Astronomie bedeutet.

PLANETARIUM MANNHEIM

17.12.: Sondervortrag »Neue Planeten bei fremden Sonnen«, 19.30 Uhr. In der Nähe von Sonnen fern unserer Heimatgalaxie werden immer mehr Planeten und sogar ganze Planetensysteme entdeckt. Dr. Günther Wuchter vom Astrophysikalischen Institut in Jena erklärt die Exoplaneten und ihre unerwarteten Eigenschaften.
21.1.: Sondervortrag »Die Sonne, ein Motor für globale Klimaänderungen?« von Prof. Dr. Sami Solanki vom Max-Planck-Institut für Aeronomie in Katlenburg-Lindau, 19.30 Uhr.
Info und Kartenreservierung: Planetarium Mannheim, Wilhelm-Varnholt-Allee 1 (Europaplatz), D-68165 Mannheim, Tel.: 0621 415692, E-Mail: info@planetarium-mannheim.de, Internet: www.planetarium-mannheim.de

2.–8.1.: Seminar »Praktische Astronomie« der Astronomischen Arbeitsgemeinschaft Gornergrat, Kulm-Hotel, Gornergrat, Zermatt, Schweiz. Einführung in die Technik und Methodik der astronomischen Beobachtung.
Info und Anmeldung: W. E. Celnik, Graudenzer Weg 5, D-47495 Rheinberg, Fax: 02843-990332, E-Mail: werner.e.celnik@astrographic.de

19.2.: »Astronomietreff Hückelhoven« in der Aula des Gymnasiums Dr.-Ruben-Straße, Hückelhoven. Neben der Ausstellung und dem Verkauf von Teleskopen, Zubehör, Software und astronomischer Literatur halten Amateurastronomen Vorträge. Info: House of Optics Germany, Robert Lebek, Karl-Arnold Straße 22, D-52525 Heinsberg, Tel: 02452 976144, E-Mail: info@hoo-germany.de, Internet: www.geocities.com/ath_astro_hueckelhoven

Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen! Für die Märzausgabe schicken Sie bis zum 15. Januar 2005 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

Februar/März 2005: Konzerte der Nils Wülker Group »Space Night«, in Kooperation mit ASTRONOMIE HEUTE. Der junge Jazztrompeter komponierte sphärische Klänge als Untermalung für die legendäre »Space Night« des Bayerischen Rundfunks. Mit seiner Band auf Tour ist Nils Wülker am 25.2. in Mannheim, am 26.2. in Bonn, am 27.2. in Essen und am 18.3. in Berlin life zu hören.
E-Mail: ostrowski@infocom-music.de, Internet: www.nilswuelker.de

Dezember 2004 bis April 2005: »Sterne der Pharaonen – Götter, Gräber und Gestirne am Nil«, eine Zeitreise ins alte Ägypten, Planetarium Hamburg. Neben dem naturgetreuen Nachthimmel sind unter der Kuppel des Planetariums dreidimensionale Flüge durch Pyramidengänge und in die Grabkammern und Tempel des alten Ägyptens zu erleben.
Info und Kartenreservierung: Planetarium Hamburg, Hindenburgstraße 1b, D-22303 Hamburg, Tel.: 040 428865210, E-Mail: verwaltung@planetarium-hamburg.de, Internet: www.planetarium-hamburg.de

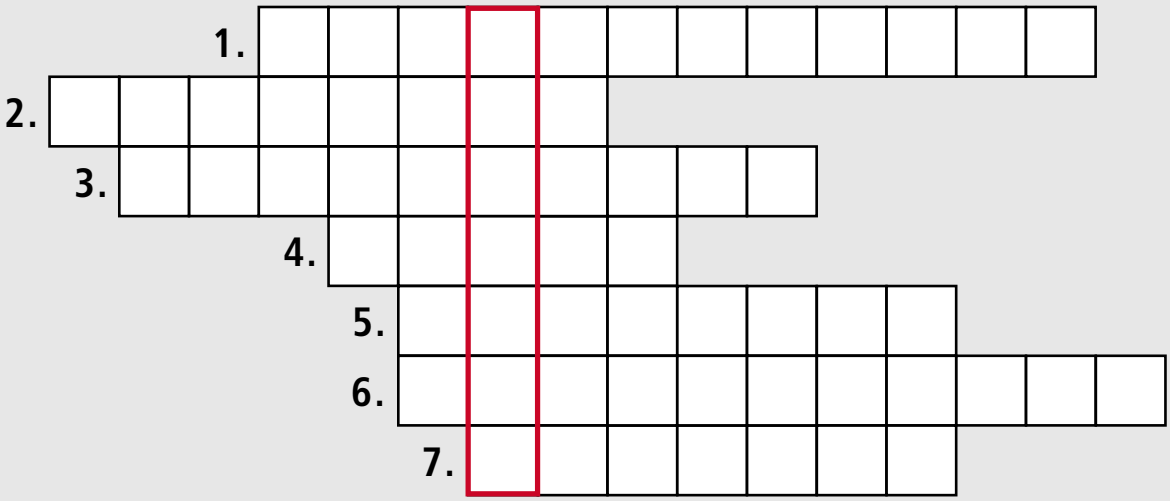
PLANETARIUM HAMBURG

ANZEIGE

ANZEIGE

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie mit ASTRONOMIE HEUTE!



1. Raumfahrtmanager bei der Nasa, Professor in Aachen
2. Zeit zwischen zwei Meridiandurchgängen des Frühlingspunkts
3. Ausgedehntes Messier-Objekt in einem der hellen Wintersternbilder
4. Lateinischer Name der Wasserschlange
5. Bezeichnung des Raumlabors der Esa mit Kontrollzentrum in Deutschland
6. Zentral gelegener Mondkrater, Prototyp der komplexen Krater mit Hangabrutsch
7. Standort des weltweit größten Radioteleskops

Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 1-2/2005, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. **Einsendeschluss ist der 31.1.2005**. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner stehen in der April-Ausgabe, im Handel ab dem 17. März 2005.

1. Preis: Flug im Shuttlesimulator
von Space Island in Bielefeld für zwei Personen. Wert: 250,– €
Dazu: Anreise mit der Bahn und Übernachtung mit Frühstück im Mövenpick Hotel Bielefeld (www.moevenpick-bielefeld.com)

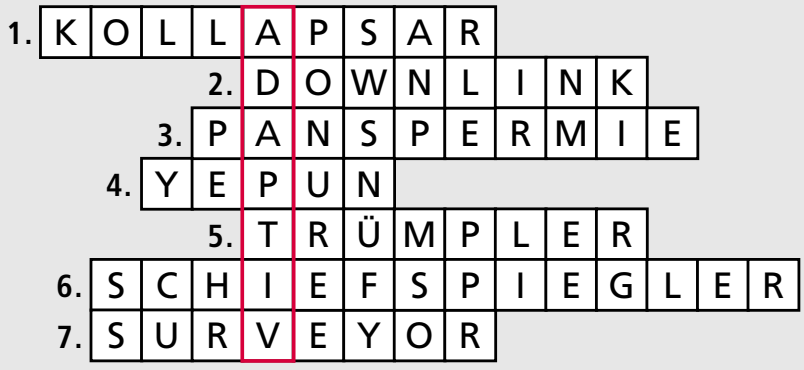
2.–4. Preis: »Sigmund Jähn und Ulf Merbold: Die Deutschen Raumfahrer und ihre Geschichte«
Hörbuch, zwei Audio-CDs, Deutsche Grammophon, Wert: 17,99 €

5. Preis: »Mission: Mars«
Die sensationellen Entdeckungen der neuen Raumsonden, von Dirk Lorenzen. 135 Seiten. Kosmos-Verlag, Wert: 14,95 €

ANZEIGE

ANZEIGE

Lösung des Preisrätsels vom November-Heft:



Adaptiv: **Optisches System, das Bildverwacklungen durch die Atmosphäre ausgleicht**

Gewinner des Preisrätsels:

1. Stefan Schmidt, Magdeburg (Baader-O-III-Filter); 2.–4. Klaus-Jürgen Kaatz, Hönow; Malte Ried, Villmar; Siegfried Hanke, Freiburg (USM Redshift Sternenkunde); 5. Frank Maloschytzki, Berlin (Kosmos-Kalender Das Universum)

Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

Anzahl Zeilen	privat	gewerblich
bis zu drei Zeilen	22,– €	32,– €
jede weitere Zeile	5,– €	5,50 €

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an: Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist sechs Wochen vor Erscheinen des Hefts.

VORSCHAU

März-Heft ab 10. Februar 2005

Der Einser-Klub

Wir stellen Ihnen die zwanzig hellsten Sterne vor und erzählen deren Geschichte. Auf diesem Bild mit dem Kreuz des Südens sind vier davon zu sehen. Wissen Sie, welche?

V. & J. WINTER

C. M. UTTER, NIGHT SKY

Links, rechts, oben, unten?

Tipps und Tricks, um im Fernrohr die richtige Richtung zu finden

Submillimeter-Supernovae

Staub verwehrt den Blick auf viele Teile der Milchstraße. Aber nicht bei allen Frequenzen des Lichts. Besondere

N. SZYMANEK, JAC

ALAN DYER, NIGHT SKY

Fotos mit Minimalbudget

Von der benötigten Ausrüstung haben Sie vielleicht schon einiges auf dem Dachboden oder im Keller!

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. habil. Reinhard Breuer (v.i.S.d.P.)

Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker, Stephan Fichtner, Dr. Frank Schubert, Dr. Joachim Schüring

Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik

Layout: Marc Grove

Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker

Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle

Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe

Redaktionsassistenz: Eva Kahlmann, Ursula Wessels

Redaktionsanschrift: Postfach 104840, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-711, Fax: 06221 9126-729

Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 104840, D-69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Mitarbeit in diesem Heft: Clemens Bayer, Ute Eberle, Dr. Rainer Kayser, Corinna Karow, Stephen Koszudowski, Dagny Lüdemann, Dr. Monika Maintz, Dr. Gerhard Mühlbauer, Dr. Rainer Riemann, Peter Strub, Michael Vogel, Dr. Hans Zekl

Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733

Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: marketing@spektrum.com

Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744

Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck

Leser-Service: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: marketing@spektrum.com

Vertrieb und Abonnementverwaltung:
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o Zenit Pressevertrieb GmbH, Postfach 810680, 70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366; E-Mail: spektrum@zenit-presse.de

Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 227 067 08, Postbank Stuttgart (BLZ 600 700 70). Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.

Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de

Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 3 vom 1. November 2004.

Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2004/2005 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728
www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope, Sky Publishing Corporation,
49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA
President/Publisher: Susan B. Lit
Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.
Marketing Director: Marcy L. Dill

Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für deren Inhalt sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich.